

3차원 동작측정에 의한 얼굴 표정의 분석

(Analysis of facial expressions using three-dimensional motion capture)

박재희¹, 이경태¹, 김봉옥², 조강희²

¹ 한국표준과학연구원 인간공학연구실

² 충남대학교 의과대학 재활의학과

ABSTRACT

인간의 얼굴 표정은 인간의 감성이 가장 잘 나타나는 부분이다. 따라서 전통적으로 인간의 표정을 감성과 연관 지어 연구하려는 많은 노력이 있어 왔다. 최근에는 얼굴 온도 변화를 측정하는 방법, 근전도(EMG; Electromyography)로 얼굴 근육의 움직임을 측정하는 방법, 이미지나 동작분석에 의한 얼굴 표정의 연구가 가능하게 되었다. 본 연구에서는 인간의 얼굴 표정 변화를 3차원 동작분석 장비를 이용하여 측정하였다. 얼굴 표정의 측정을 위해 두 가지의 실험을 계획하였는데, 첫 번째 실험에서는 피실험자들로 하여금 웃는 표정, 놀라는 표정, 화난 표정, 그리고 무표정 등을 짓게 한 후 이를 측정하였으며, 두 번째 실험에서는 코미디 영화와 공포 영화를 피실험자들에게 보여 주어 피실험자들의 표정 변화를 측정하였다. 5 명의 성인 남자가 실험에 참여하였는데, 감성을 일으킬 수 있는 적절한 자극 제시를 못한 점 등에서 처음에 시도했던 6 개의 기본 표정(웃음, 슬픔, 혐오, 공포, 화남, 놀람)에 대한 모든 실험과 분석이 수행되지 못했다. 나머지 부분을 포함한 정교한 실험 준비가 추후 연구에서 요구된다. 이러한 연구는 앞으로 감성공학, 소비자 반응 측정, 컴퓨터 애니메이션(animation), 정보 표시 장치(display) 수단으로서 사용될 수 있을 것이다.

1. 서론

인간의 얼굴은 심리학적으로 여러 면에서 의미를 가지고 있다. 기본적으로 얼굴은 개개인의 신원 파악에 사용되어 각 개인의 독특한 정보를 제공해 준다. 또한 얼굴은 비언어적 의사소통(non-verbal communication)의 수단으로서 감정(emotion)과 사고(thinking)의 상태를 표현한다. 즉 얼굴 표정으로 상대의 의도를 추론할 수 있으며, 자신에게 호의적인지 그렇지 않은 가를 알아낼 수 있다[Ekman 1982]. 이렇듯 얼굴은 신체의 전체 크기에 비해 아주 작은 면적을 차지하고 있으나 많은 정보를 담고 있다.

초기의 얼굴 연구에는 패턴 인식 등의 방법을 이용해 개개인의 신원 파악을 하기 위한 것이 많았다면[Valentin 1995], 최근에는 얼굴 표정에서 인간의 감정(emotion)을 파악하려는 연구가 활발히 진행되고 있다[Esteves 1993, Gaebel 1992, Levenson 1990, Rosenblum 1994]. 이러한 경향은 인공지능(artificial intelligence) 등의 연구가 인간의 감정(emotion)에 관한 연구로 전환되고 있는 분위기와 밀접한 관련을 가지고 있는 것으로 보여진다. 특히 얼굴 표정을 측정할 수 있는 다양한 방법들이 개발되면서 이 분야의 연구는 심리학을 넘어 인간공학, 전산화 등의 분야에서까지 매우 활발하게 진행되

고 있다.

현재, 얼굴의 표정 변화로써 인간의 감성을 예측하기 위한 다양한 방법들이 개발되어 있다. 첫째, 얼굴의 온도 변화를 측정해 감성을 파악하는 방법이 있다. 화가 날 때는 미간의 온도가 증가하고, 웃을 때는 입 주위의 온도가 상승하는 것으로 알려져 있다. Essa(1995)는 이러한 방법을 이용해 5 개의 감성에 대한 얼굴 표정을 측정할 수 있다(그림 1 참조).



그림 1. 얼굴 온도 변화 측정에 의한 감성의 예측(Essa 1995)
(좌로부터 Normal, Anger, Disgust, Happiness, Surprise)

둘째, 얼굴 근육의 움직임은 근전도(EMG; Electromyography)로 측정해 감성을 예측하는 방법이 있다[황민철 1996]. 인간의 얼굴과 두부(scalp)에는 표정을 만드는데 관여하는 10 여 개의 근육이 존재하는데[Marieb 1992], 이러한 근육의 얼굴 표면 위치에 전극을 붙이고 특정 표정을 만드는데 동원되는 근육과 그 활동을 측정하는 것이다. 이 방법은 얼굴 표정 변화를 즉각적으로 기록할 수 있고, 광학적인 방법으로 구분하기 어려운 미세한 움직임까지 측정할 수 있는 장점이 있는 반면, 얼굴 표면에 전극을 부착하기 때문에 부자연스러운 상태에서 측정이 이루어지게 되며, 전극의 위치를 해당 근육에 정확히 부착하기 어렵다는 점이 단점이다[Ekman 1992].

셋째, 광학적 측정을 이용하는 방법이 있다. 이 방법은 카메라 등으로 얼굴 표정을 잡아 그 변화를 분석하는 것이다. 지금까지는 주로 특정 표정이 극대화 되었을 때의 한 장의 이미지를 가지고 분석들을 많이 했으나, 최근에는 동적인 측정이 가능해짐에 따라 이 방법을 이용한 연구들이 나오고 있다[Rosenblum 1994]. 본 연구도 이러한 방법을 사용하여 인간의 얼굴 표정 변화를 측정할 수 있는지를 시험하였다.

지금까지 알려진 바로는 인간의 감성이 드러나는 표정을 모두 6 개로 구분하고 있다. 기쁨(happiness), 슬픔(sadness), 놀람(surprise), 화남(anger), 혐오감(disgust), 공포(fear) 등을 여섯 개의 기본 표정으로 정의하고 연구들을 수행해 오고 있다[Ekman 1992, Rosenblum 1994]. 물론 이 외에도 다른 표정들도 있을 수 있고, 그 조합들도 가능하다. 또한 행복함에도 여러 가지가 있을 수 있다는 것과 놀람과 공포를 어떻게 구분할 수 있느냐 하는 문제들이 논의되고 있기는 하다[Ekman 1992].

본 연구의 목적은 인간의 감정에 따라 변화하는 안면 근육의 운동을 동적 상태에서 객관적으로 정확하게 측정하고 분석하는 방법을 개발하는 것이다. 이에 본 연구는 우선 얼굴의 표정 변화를 3 차원

동작분석 시스템을 이용해 측정해 보았다. 처음의 목표는 위에서 밝힌 여섯 가지의 기본적인 표정의 측정과 분석이었으나, 첫번째 시도에서는 웃음, 놀람, 분노와 무표정만이 측정, 분석되었다.

앞으로 이러한 측정방법이 인간의 얼굴 표정에 나타나는 인간의 감성을 예측하는데 유효한 것으로 판단된다면, 이는 인체측정학적 자료(anthropometric data)의 획득뿐만 아니라, 소비자 반응의 호감도 측정, 컴퓨터 애니메이션 등에 충분히 이용될 수 있을 것이다.

2. 연구방법

2.1 피실험자

피실험자로 한국인 성인 남자 5 명이 실험에 참여하였다. 그들의 연령 범위는 25~30 세 이었으며 평균 연령은 26.2 세 이었다. 각 피실험자들은 아래의 그림 2와 같이 얼굴의 정해진 해부학적 위치에 지름 3mm의 반구형 수동 표식(hemi-spherical passive markers) 30 개를 부착하였다[Coblentz 1991]. 표식 자체가 적을뿐더러 피부에 부착한 느낌이 나쁘지 않아 피실험자들이 표정을 짓는데 어려움이나 간섭은 없었다.

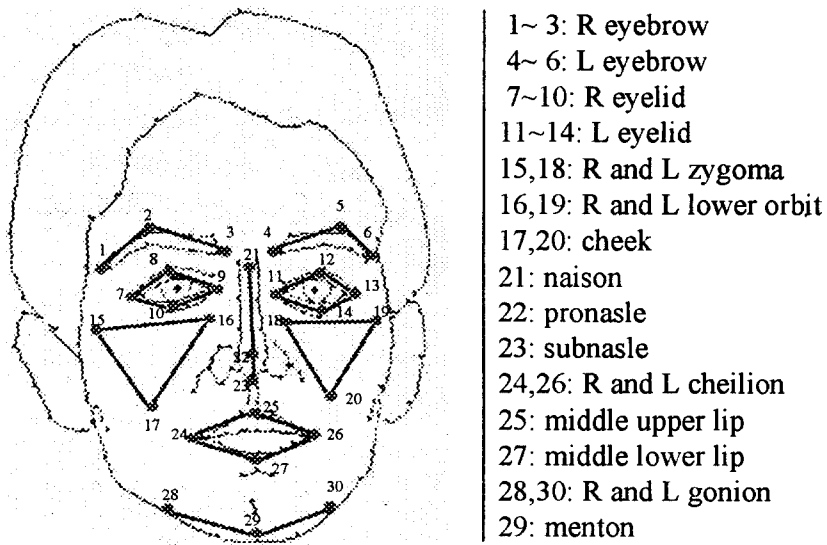


그림 2. 얼굴 표정 측정을 위한 30 개 표식의 해부학적 위치

2.2 측정방법

얼굴 표정의 측정은 위에서 기술한대로 30 개 표식의 3차원 움직임을 동작분석방법을 이용해 이루어졌다. 본 연구에서는 4 대의 CCD 카메라를 가진 Elite™ 시스템을 사용하였다. 데이터는 초당 50 회의 측정이 이루어져 얼굴 표정의 변화를 측정하기에는 충분하였다. 특정 표정을 위한 1회의 측정은 약 5초 정도 소요되었는데 무표정에서 어떤 특정 표정으로 변화되는 데에 충분한 시간이었다.

얼굴 표정 측정을 위한 작업공간(working volume)을 300 * 300* 400 mm 로 설정하여 영점조정(calibration)을 실시하였다. 카메라 4 대는 피실험자의 330cm 전방에 각각 상하좌우로 설치하여 표식이 어느 카메라에서도 잘 잡힐 수 있도록 하였다.

실험 1에서는 이와 같은 방법으로 피실험자들에게 웃는 표정(happiness)과, 놀라는 표정(surprise), 화난 표정(anger), 그리고 무표정(normal) 등을 강제로 짓게 한 후 각 표정 당 2 회씩 측정하였다. 실험 2에서는 동일한 피실험자에게 코미디 영화(‘베니힐 쇼’) 한 편과 공포영화(‘나이트메어’) 한 편의 특정 구간을 보여 준 후 얼굴 표정의 변화를 그 구간 내에서 2 번 측정 하였다. 실험 2의 측정이 끝난 후 각 피실험자들은 영화에 대한 느낌(예: 놀랬다, 웃겼다 등)을 7 척도(scale) 설문지에 답변을 하였다.

2.3 자료분석

Elite™ 시스템을 이용하여 30 개 수동표식의 위치에 대한 원시 데이터를 수집한 후, 이를 3차원 추적 절차를 이용하여 영점조정된 작업공간 내의 x,y,z 좌표로 구하였다. Elite™ 시스템의 그래픽 소프트웨어를 이용해 30 개 표식의 애니메이션과 미리 설정한 표식끼리 연결한 Sagittal plane, frontal plane, transverse plane 상의 Stick diagram 을 얻고 이를 ASCII 데이터로 변환하여 분석을 수행하였다.

3. 분석결과와 토론

아직 모든 피실험자에 대한 분석이 완료된 상태는 아니라, 여기에서는 우선 피실험자 1인의 데이터에 대한 분석을 통해서 본 연구의 가능성을 토론하고자 한다. 그림 3에는 동일한 피실험자의 서로 다른 4 개의 표정과 각 측정점의 움직임 궤적과 각 표정의 최종적인 모습이 나타나 있다. 이는 물론 실험자의 요구에 맞추어 피실험자가 그 표정을 강제로(involuntary)로 짓게 한 것이기는 하나, 각각의 표정과 무표정과는 뚜렷한 구분이 가능하며, 서로 다른 표정 간에도 차이가 있는 것으로 나타나 있다.

웃는 표정(B)에서는 뺨(17,20 번 표식)과 입꼬리(24, 26 번)의 움직임이 상방으로 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 놀라는 표정(C)에서는 눈썹은 상방으로 아래턱(29 번)과 아래 입술(27 번)은 하방으로 크게 움직이고 있음을 알 수 있다. 분노의 표정(D)은 명확한 특징은 보여 주고 있지 않지만 양눈이 다른 표정에 비해 크게 축소되고 대부분의 측정점들이 약간씩 뒤틀리는 움직임을 보여 주었다.

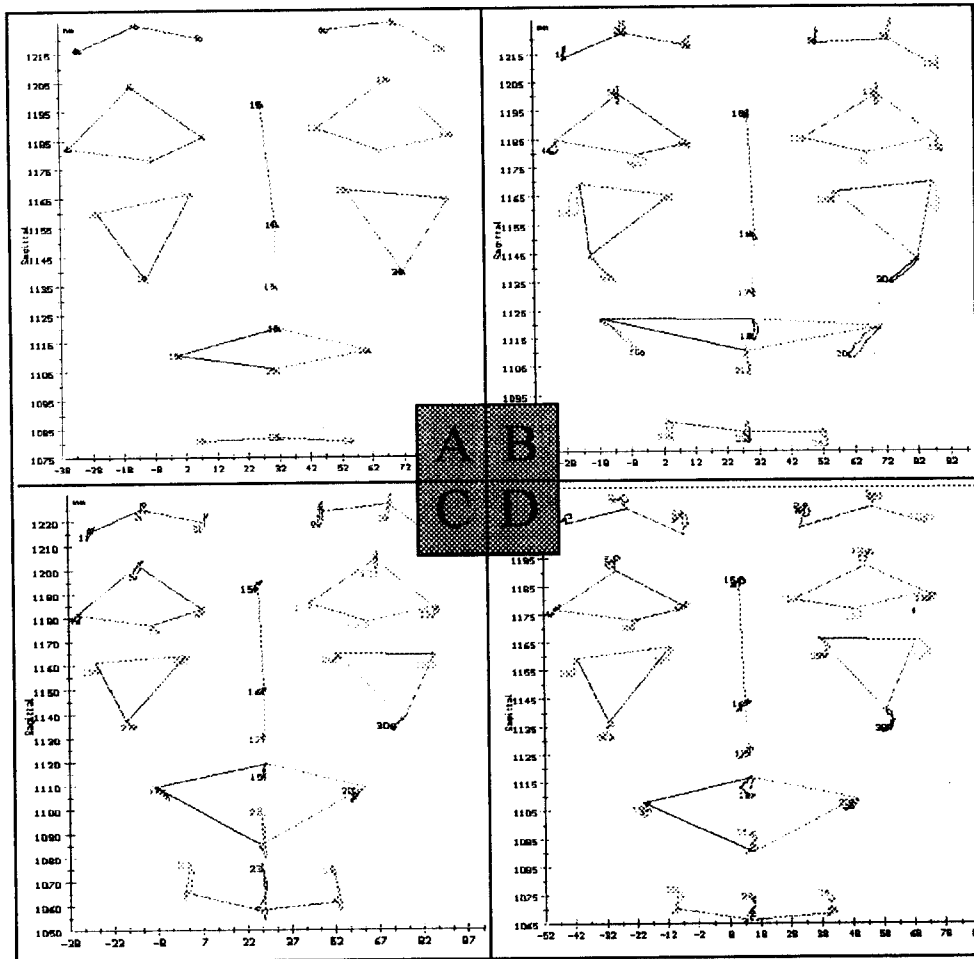


그림 3. 얼굴표정의 변화

A-무표정(normal), B-웃음(laugh), C-놀람(surprise), D-화남(anger)

이번에는 정량적인 데이터로 위의 표정 변화를 분석해 보았다. 표정 변화에 대한 정확한 기술은 각 측정점의 위치 벡터의 표시로서 가능하다. 이때 피실험자가 측정 도중에 머리 전체를 움직일 수 있으므로, 얼굴의 측정점 가운데 가장 움직임이 적은 것으로 알려져 있는 23번 코밑(subnasale)을 기준으로 좌표 값을 변환한 후 이 데이터를 가지고 분석을 해야 한다. 본 논문에서는 우선 개략적으로 얼굴 측정점의 움직임이 가장 크게 나타나는 콧날 방향(Y축)에 대해 네 개의 서로 다른 표정을 그래프로 나타내 보았다(그림 4 참조).

이 그림에 의하면 웃는 표정은 코밑을 기준으로 아래의 입술과 턱이 모두 5~10 mm 상방향의 운동을 위의 볼 부위의 측정점도 10 mm 정도의 상방향 운동을 하는 것을 알 수 있다. 상대적으로 눈꺼풀의 간격이 무표정에 비해 약간 줄어드는 것을 알 수 있다. 놀라는 표정은 웃는 표정과는 반대로 코밑 기준으로 아래 입술과 턱이 10 mm 정도 하방으로 내려가고 윗입술은 약간 상승해 입이 벌어지는 것을 보여 준다. 볼 부위 측정점과 눈은 약간 상방으로 이동한다. 화남 표정은 아래 입술과 턱이 상방으로 3~5 mm 정도 상방운동을 하고 눈꺼풀의 상하 간격이 줄어들고 있다. 화나는 표정의 특징은 Y 축 방향의 운동 분석 만으로는 웃는 것과의 구분이 쉽지 않게 보인다. 만일 미간 사이의 간격 등을 분석해 보면 두 표정의 특성이 확실히 구분될 것으로 판단된다.

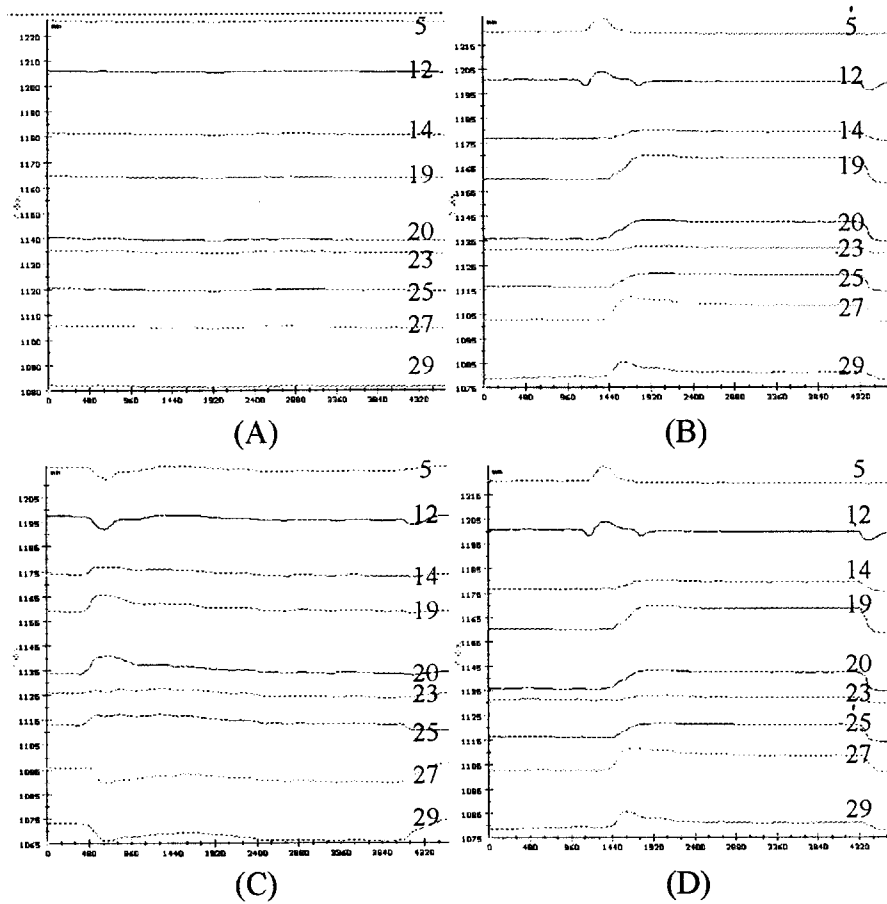


그림 4. 얼굴 측정점의 Y 축 좌표 변화
 A-무표정(normal), B-웃음(laugh), C-놀람(surprise), D-화남(anger)

4. 결론

본 실험의 일차 목적은 3차원 동작분석장치를 이용해 인간의 얼굴 표정을 측정하고 이를 통해 감성을 예측할 수 있는지의 여부를 판단하는 것이었다. 아직 자발적 표정 실험을 포함해, 전체 실험 데이터에 대한 분석이 끝나지 않은 상태에서 최종적인 판단은 유보될 수 밖에 없지만, 지금까지의 분석된 결과의 경향으로 보아서는 Elite 시스템과 같은 3차원 동작분석 시스템으로 얼굴의 표정변화를 측정할 수 있고, 이에 의해 감성의 예측도 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서도 제한적인 실험이었지만 무표정과 웃는 표정, 놀란 표정, 화남 표정 등은 서로 구분될 수 있을 것으로 나타났다. 물론 자발적(voluntary) 표정에 비해 자발적(involyuntary) 표정의 변화는 더 극적이라 그 구분이 쉬웠을 것으로 판단된다. 하지만 자발적 표정에 대해서도 자극 제시 방법과 실험 조건을 개선해 나간다면 이 역시 감성 예측이 가능하리라 생각된다.

앞으로 이러한 방법이 정확도와 현실성이 있는 것으로 최종 판단된다면, 현재 선도기술개발과제(일명 G7 과제)의 하나로 진행중인 감성공학 기반기술개발 과제의 중요 목표인 감성측정평가시물레이터의 부분 시스템으로 설치되어 인간의 표정 변화로 감성을 평가하게 될 것이다[한국표준과학연구원 1995]. 또한 컴퓨터 애니메이션이나 게임 등의 산업, 휴먼인터페이스 분야, 3차원 얼굴의 인체측정 등에도 이러한 방법이 널리 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [01] Coblentz, A. Mollard, R., and Ignazi, G. (1991), Three-dimensional face shape analysis of French adults, and its application to the design of protective equipment, *Ergonomics*, 34(4), 497-517.
- [02] Essa, I.A. and Pentland, A. (1995), Facial expression recognition using a dynamic model and motion energy, *Proc. of the ICCV 95*, Cambridge, MA, June.
- [03] Ekman, P. (1982), *Emotion in the human face*, Cambridge U. Press.
- [04] Ekman, P. (1992), Facial expression of emotion: an old controversy and new findings, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.B.* 335, 63-69.
- [05] Esteves, F., and Ohman, A. (1993), *Scandinavian J. of Psychology*, 34, 1-18.
- [06] Gaebel, W., and Wolwer, W. (1992), Facial expression and emotional face recognition in schizophrenia and depression, *Eur. Arch. Psychiatry Cli. Neuroscience*, 242, 46-52.
- [07] Levenson, R.W., Ekman, P., and Friesen, W.V. (1990), Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity, *Psychophysiology*, 27(4), 363-384.
- [08] Marieb, E.N. (1992), *Human anatomy and physiology*, The Benjamin/Cummings Pub. Co.
- [09] Rosenblum, M., Yacoob, Y., and Davis, L. (1994), Human emotion recognition from motion using a radial basis function network architecture, *IEEE Workshop on motion of non-rigid and articulated objects*, Austin, TX, Nov. 43-49.
- [10] Valentine, T. et al. (1995), *Cognitive and computational aspects of face recognition*, Routledge.
- [11] 황민철, 김지은, 김철중 (1986), 얼굴 근전도와 얼굴표정으로 인한 감성의 정성적 평가에 대한 연구, *대한인간공학회 춘계학술대회 논문집*, 264-269.
- [12] 한국표준과학연구원 (1995), *감성공학기반기술개발 연구기획보고서*, 한국표준과학연구원.