

# SPM (Statistical Parametric Mapping) for brain mapping

■ 윤태호, 김경섭, 한명희 / 건국대학교 의학공학부

## 개요

인간의 뇌는 소우주에 비유할 만큼 아주 복잡하고 미묘하다. 이 미묘한 뇌의 기능을 영상화 하기 위하여 몇 가지 방법이 개발되었는데, 이들 중에서 방사선 동위원소로 Label된 약품을 주 사하여 뇌의 특정 신진 대사량을 보는 PET (Positron Emission Tomogra- phy)과 SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography), 그리고 뇌의 전기적 활동과 이에 따른 자기 적 변화의 위치를 영상화하는 EEG (Electroencephalography), MEG (Magnetoencephalo- graphy)가 대표적인 예라 할 수 있다. 이외에도 적외선을 이용한 기법도 부분적으로 사용되고 있으나 뇌 전체 부분에는 적용할 수 없으므로 아직 많이 활용되지 못하고 있다.

뇌기능 fMRI (functional Magnetic Reso- nance Image)는 1990년 초에 개발된 이후, 뇌기능 에 수반되는 Cerebral Blood Flow (CBF), Cerebral Blood Volume (CBV)과 부분적인 혈중 산 소 농도의 변화를 이용, PET이나 SPECT에 사용되는 신호 대비용 약품 (contrast Agent)을 사 용하지 않고 뇌 기능의 영상화를 가능하게 한다. 또한 fMRI는 EEG나 MEG에 비하여 공간 해상 력이 월등하다는 이점도 있으며, 공간적, 그리고 시간적 해상력이 우수하면서도 비 침습적인 방법으로 (non-invasive) 뇌의 활동을 측정할 수 있다는 장점으로 뇌 과학 연구에 새로운 지평 을 여는데 일익을 담당하고 있다고 평가 되고 있다. fMRI의 이점 중에서 또 다른 하나는 기본 Gradient Echo Planar sequence가 구비된 1.5T (Tesla) 이상의 자기 공명 영상 기기(MRI)에 별 도의 추가 장치 없이 새로운 fMRI 임상 분야에 적용이 가능하므로, 기존의 MRI를 최대한대로 활용이 가능하다는 점이다. 따라서 fMRI는 뇌기능 및 뇌 과학에 관련된 응용 분야 연구에 광범 위하게 활용될 수 있다.

fMRI는 임상용 MRI 기기를 활용하나, 본격 적인 실험을 수행하기 위해서는 여러 영역 분 야의 전문적 지식을 갖춘 전문 인력이 필요로 하기 때문에, 단순히 하나의 임상 분야만으로 는 접근하기 힘든 경향이 있다. 따라서 여러 가지 전문 영역 분야의 실험 요소들이 구비되 어 있기 때문에, 구체적인 예를 들면 신경 정 신과, 신경외과, 의용 공학 및 뇌 과학의 연구 에 대한 파급 효과가 크다. 그림 1은 fMRI를 접목한 여러 연구 분야들을 보여주는 예로서,

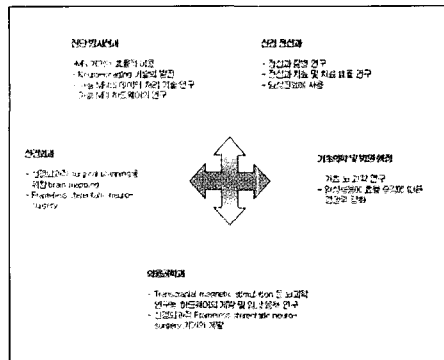


그림 1 fMRI를 접목한 연구 분야들의 예

특히 방사선과와 신경 정신과의 공조 하에 fMRI의 효과적인 이용을 나타내고 있다.

fMRI는 rest 상태에 있는 brain의 MR 영상과 신체의 특정한 자극 줄 때 brain의 MR 영상을 각각 얻은 후, 각 MR 영상의 슬라이스들을 각각 하나의 3차원 모델로 Texture Mapping 한 후 두 가지 3차원 모델에서 상이한 부분을 찾아내어, brain에서 특정한 자극에 반응하는 부분, 즉 활성화 되는 부분을 영상으로 표시한다. 이를 위하여 현재 fMRI 데이터의 전용 처리 프로그램인 SPM (Statistical Parametric Mapping) 소프트웨어가 주로 사용되고 있다.

### SPM (Statistical Parametric Mapping)

SPM (Statistical Parametric Mapping)은 영국 런던 대학의 신경 인지학과의 (Cognitive Neurology) Karl Friston 박사 연구진에 의해 1991년에 개발되었다. 현재 SPM은 관련 분야의 사용자들이 공통적으로 사용할 수 있는 기능적 영상 분석 방법의 표준을 제시하고 있다. SPM은 꾸준한 발전을 거듭하여, 처음으로 출시되었던 SPM의 많은 문제점들이 수정되고 새로운 이론들이 추가된 첫 번째 개정판인 SPM' 94가 출시되었고, 이어서 SPM' 94를 바탕으로 SPM' 95, SPM' 96, SPM' 99 그리고 SPM2가 개발되어 기능적 영상 분석 분야에 폭 넓게 활용되고 있다.

그림 2는 SPM을 이용하여 fMRI를 분석하는 전체적인 개요도를 나타낸다.

SPM' 99는 MATLAB이라는 공학/과학용 software에서 사용되는 몇몇 개의 MATLAB function으로 구성되어 있고, 미국 Rochester 소재의 Mayo Clinic에서 개발한 Analyze-7 라는 데이터 포맷을 사용한다.

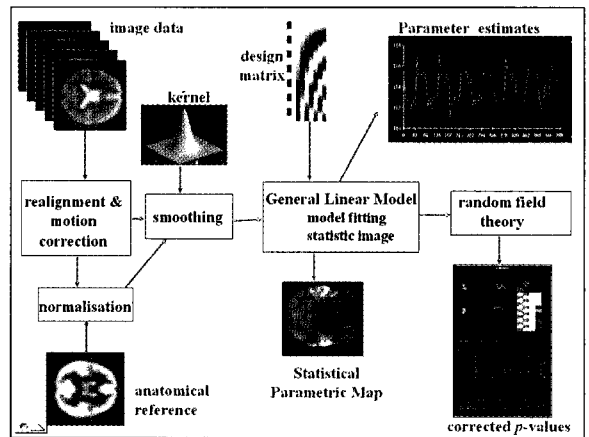


그림 2 SPM을 이용한 fMRI 분석 개요도

### SPM을 이용한 데이터 분석

SPM의 데이터 처리 방식은 다음과 같이 이루어진다.

1. Spatial preprocessing : 데이터 준비
  - Realignment를 통한 motion correction
  - Slice timing을 통한 timing의 조정



- Coregister와 Normalize를 통한 해부학적 위치의 Talairach 공간으로의 평준화
- Smoothing을 통한 데이터의 비격자화.

## 2. Model Specification & Parameter

- Estimation : 모델의 제작과 최적의 파라미터 계산
- fMRI model이나 basic model에서의 패러다임에 맞는 reference 모델 지정
- Estimation은 지정된 모델에 best-fit 한parameter를 계산, 통계학적 확률 계산.

## 3. Results

- F-contrast나 T-contrast를 지정 통계학적 확률치의 영상화.

그림 3은 SPM' 99를 이용, 데이터 처리들을 통하여 오른쪽과 왼쪽 손가락 움직임에 따른 뇌의 활성화 부분을 영상화 한 것이다. 우뇌의 활성화 된 부분 (초록색)은 왼쪽 손가락 움직임에 따라 활성화 되었으며, 좌뇌의 활성화 된 부분 (붉은색)은 오른쪽 손가락 움직임에 따라 활성화 된 것을 알 수 있다.

그림 4, 5는 청각 자극에 의해 뇌의 활성화된 부분을 나타낸 그림들이다.

그림 5 a), b)는 그림 4의 결과를 Talairach space (개 개인의 다른 해부학적 뇌를 하나의 공통된 좌표로

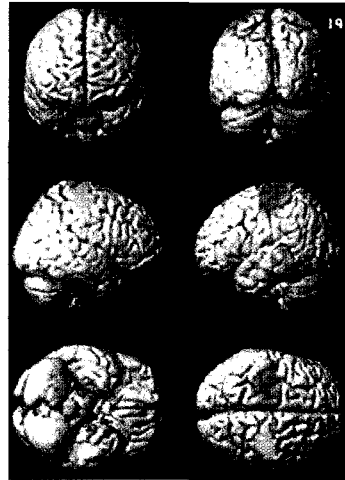


그림 3 양 손가락 움직임에 따른 뇌의 활성화 부분

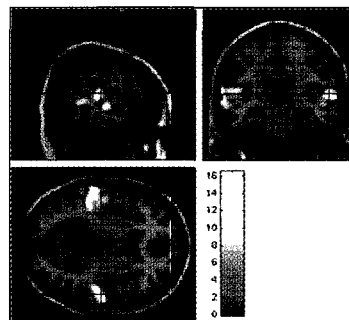
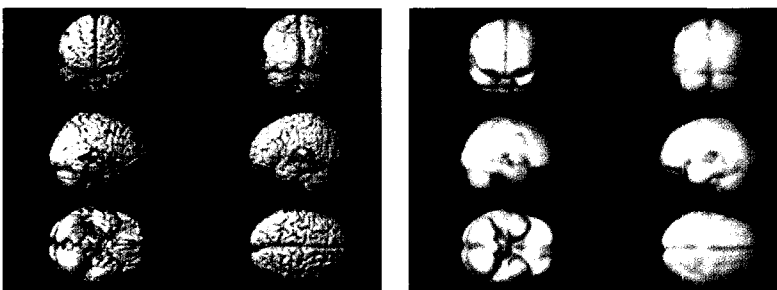


그림 4 청각 자극에 의한 뇌의 활성화 부분



a) non-smoothing surface

b) smoothing surface

그림 5 Talairach space상에서 brain mapping

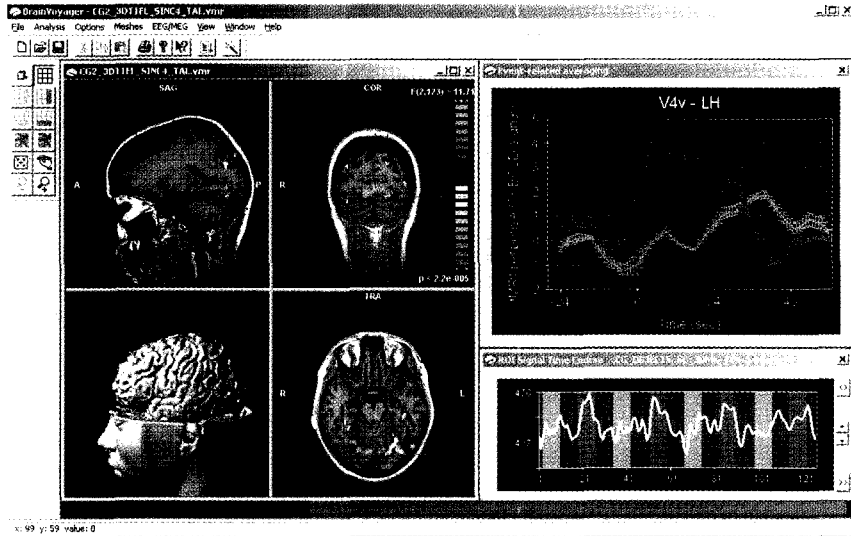


그림 6 BrainVoyager

Interpolation하여 통일시킴으로써, ROI (Region of Interest)의 위치 확인 및 다수의 실험 대상의 결과를 공통적인 좌표로 표현하는 공간에 mapping한 결과를 나타낸다.

## 결론

현재, SPM은 fMRI의 데이터 분석을 위한 표준 소프트웨어로 인식되고 있다. 현재도 지속적인 발전을 거듭하고 있으나 Brain- Voyager (그림 6 참조) 등의 새로운 fMRI 분석 소프트웨어들이 등장하여 SPM보다 더 우수한 그래픽과 사용자 친화적인 fMRI 분석 tool을 제공하고 있다. 그러나 아직도 SPM은 fMRI 분석 분야에서 가장 많이 사용되고 있으며, 이미 1,000 여편 이상의 fMRI 논문들이 SPM을 사용하여 발표된 바 있고, MATLAB 환경 하에서 freeware로 사용되고 있어 SPM은 앞으로도 fMRI 연구 분야에 지속적으로 활용될 것으로 사료된다.

## [References]

- [1] 유승식, "실전응용을 중심으로 한 기능 자기 공명 영상 실험", 의학문화사, 2001.
- [2] <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>
- [3] <http://www.brainvoyager.com>