

# 심층학습 기반의 칼슘 이미지 분석

(원제: 深層学習に基づく神経細胞のカルシウムイメージングデータの解析)

작성자: 조태희

연구기간: 2021.06 ~ 2022.02

※ 이하 내용은 본인의 학사졸업논문의 요약본입니다.

## 연구 배경

- 환상통(Allodynia)
  - 신경조직 손상으로 발생
  - 작은 자극을 심한 통증으로 느낌
- 아직까지 정확한 원인이 밝혀지지 않아 치료가 어려움
- 신경세포(뉴런)의 활동을 분석하여 해결하고자 하는 다양한 연구가 진행중
  - 뉴런의 활동 패턴에 어떤 변화가 일어나는가?

기존에 쓰이던 뉴런 활동 분석방법의 한계를 돌파하기 위해 고민했습니다.

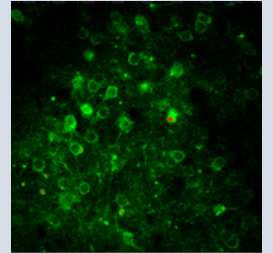
## 기존 해석방법론의 문제점

- 뉴런 활동 이미지의 전처리가 필요
  - 뉴런의 위치파악, 뉴런 활성화의 기준 선정
- 자극-뉴런의 관계는 파악이 가능하지만 뉴런-뉴런의 관계는 파악이 어려움



환상통  
(바람이 통증으로 느껴짐)

칼슘 이미징으로  
관측한 뉴런



## 연구 목적

- 심층학습을 이용하여 사람의 눈으로 구별하기 어려운 차이를 식별
- 뉴런의 다양한 활동 패턴을 보다 정확하게 파악
- 이미지의 전처리 과정을 생략

→ 심층학습을 이용하여 뉴런의 기계적결합을 해석

## 연구 내용

- 실험쥐에게 신경자극 약재를 투여 (CFA)
- 실험쥐의 뉴런활동을 칼슘 이미징 기법을 이용하여 기록
- 딥러닝 모델 (CNN)을 이용하여 데이터를 학습, 평가
- 학습모델 분석 (Grad-CAM)을 이용하여 뉴런 활동패턴을 해석

칼슘 이미징 데이터 해석을 위한 최적의 방법을 조사하였고, CNN을 채택하였습니다.

## Grad-CAM

- 모델의 특정 계층이 입력 데이터의 어느 부분에 집중하는지 확인가능
- CNN이 데이터를 처리할 때 사용하는 가중치 (Weights)를 이용
  - 데이터 학습이 완료된 모델을 그대로 사용할 수 있음
- 본 연구에서는 뉴런의 위치를 식별할 뿐 아니라 활성화도에 따른 뉴런 간 관계를 확인할 수 있음.

다양한 개체의 뉴런활동을 예측하기 위해서는 더욱 많은 데이터가 필요하고, 이에 따라 발생하는 연산 코스트를 고려하여, 모델을 수정하지 않는 방법을 채택하였습니다.

## 연구 결과

- 심층학습 모델 (CNN)을 이용하여 뉴런 활동 패턴 분석 및 예측 성공
- Grad-CAM을 이용하여 CNN이 뉴런의 위치와 활성도를 정상적으로 파악했음을 확인.
- 각 뉴런의 활성화도 변화와 시냅스(뉴런집단)를 통한 자극 전달에 따른 상관관계가 일부 확인됨.

연구 결과의 신뢰도를 위하여 교차 검증하기 위한 방법을 고민했고, CNMF와 회귀모델을 이용하였습니다.

## 결론

- 심층학습을 이용하여 뉴런의 활동을 예측하는 것이 가능하다는 것을 밝힘.
- 각 뉴런이 활동하는 패턴에 상관관계가 존재하여, 특정 뉴런의 활성화가 다른 뉴런의 활성화로 이어짐을 밝힘.
- 따라서 뉴런집단(시냅스) 전체에 활동 패턴이 존재하고, 이러한 패턴이 띠는 양상을 분석하여 성장, 질병, 나이가 어떠한 생명활동을 하고 있는지 예측할 수 있는 가능성을 제시함.
- 전처리하지 않은 이미지를 그대로 이용할 수 있다는 점에서 프로세스의 단순화, 빅데이터 처리에도 유리함.

본 연구를 통해 화상이미지를 재료로 한 인공지능 모델링 스킬을 체득하였습니다.

후속연구로 이미지가 아닌 시계열 정보(영상)를 이용한 해석을 진행하고 싶습니다.