

ラット脊髄横断スライス標本における 標準化画像作成

総合研究大学院大学 複合科学研究科 統計科学専攻
五年一貫制 2年 藤木康久

1 はじめに

生体イメージングデータの解析をする際、異なる個体サンプルについて、形状や大きさは当然異なる。解剖学的標準化によってそれらの形態を一致させ、同じ解剖学的特徴点を同一ピクセル上に合わせることで、単純にピクセル同士の比較によってサンプル間の比較をすることが可能となる。

ラット脊髄横断スライス標本においては、標準化によって灰白質の各層を同一ピクセル群上に選別することが求められる。しかし、図1のように多くのサンプルで灰白質の形態を認識することが不可能であるため、外形の特徴から座標変換をする方法を用いて標準化を行った。

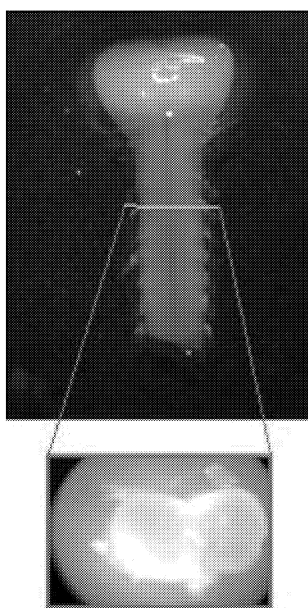


図1. 膜電位イメージングにおけるラット脊髄横断スライス画像

2 グラフを用いた標準化手法

2.1 横断スライス標本における $r-\theta$ グラフ

全てのラット脊髄横断スライス標本において、中心管の位置を極座標系の原点とし、原点から任意の半直線と外形を示す閉曲線が1点だけで交わると仮定する。そのとき、閉曲線と原点から始点に向かう半直線とのなす角を θ とし、原点から交点までの長さを r とすることで、外形の閉曲線を $r(\theta)$ で表現することが可能である。

脊髓横断スライスの外形を $r-\theta$ グラフで表現する際、サンプル画像の解像度が低い場合、ピクセルノイズの影響を大きく受ける。そのため、 $r-\theta$ グラフをフーリエ級数

$$r(\theta) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n (a_k \cos k\theta + b_k \sin k\theta)$$

と近似することで、ピクセルノイズの軽減し、ピクセル間の補完を行った。

2.2 $r-\theta$ グラフの操作による標準化

$r-\theta$ グラフによる標準化を行う際、大きく分けて回転変換と拡大・縮小変換の2つの操作を行う。回転変換においては、他のサンプルとの $r-\theta$ グラフの誤差分散が最小となるように位相をずらすことで回転率を求めた。回転変換を全てのサンプルにおいて行った後、それぞれの $r-\theta$ グラフについて加算平均を行い、その平均 $r-\theta$ グラフをテンプレートとした。拡大・縮小操作においては、作成したテンプレートの $r-\theta$ グラフと各サンプルの $r-\theta$ グラフが一致するように、各 θ について r の拡大・縮小率を求めた。

それらの回転率と拡大・縮小率を用いて元画像の変換を行い、標準画像を作成した。その際、必ずしも変換前ピクセルと変換後ピクセルは1対1対応をしていないため、画像処理で用いられるバイリニア補間によって変換を行った。

3 組織標本を用いた標準化画像の作成

$r-\theta$ グラフを用いた標準化手法は、あくまで外形が一致させているにすぎないため、灰白質の各層を選別ができていないかどうかを判断することは難しい。そこで、灰白質を認識できる組織標本について $r-\theta$ グラフによる標準化を行い、加算平均画像を作成したところ、平均画像から灰白質の各層を選別できる標準画像の作成に成功した(図2)。



図2 組織標本を用いた標準化画像の平均画像