

審査の結果の要旨

氏名 ムルタン クロエ イザベル

本論文で論文提出者は、キイロシヨウジョウバエの脳をスライス状に切断し共焦点レーザー顕微鏡により撮影して2次元高解像度画像を層状に得た後に、脳の3次元的構造を復元する問題に取り組んだ。対象とするキイロシヨウジョウバエ脳のオクタパミンおよびドーパミン作動性ニューロン領域はおおよそ $160\mu\text{m}$ の厚みがある。一方、共焦点レーザー顕微鏡で良好に撮影できる深さの限界は $100\mu\text{m}$ 程度であるため、 $160\mu\text{m}$ の厚みの切片を一度に読み通すことは難しい。そこで、切片の表側および裏側を2回に分けて撮影して表裏側からの2次元画像の列を生成し、これらの列の中で重複している2次元画像を上手く繋げることにより $160\mu\text{m}$ の切片を読み通すことができるであろうと考えることは自然である。ところが重複した2次元画像を正確に重ね合わせることは難しい。なぜなら重複画像は互いに x, y, z 軸の平行移動および回転がかかっており、しかも重ね合わせるための画像上の目印も見つける必要があるからである。

まず論文提出者は、画像上の有効な目印を探すために、画像認識の分野で1999年に提案され幅広く使われてきている SIFT (Scale Invariant Feature Transform) アルゴリズムを本問題に応用することを試みている。続いて目印を頼りに、表側および裏側から撮影し得られた2次元画像の列の中から互いにマッチする画像の組を確定しながら、さらに x, y, z 軸で平行移動および回転を適切に施し、2次元画像の列を正確に重ね合わせるプログラムを実装している。その結果、脳切片の3次元画像を高い精度よく復元することに成功している。

このプログラムの精度を正確に定量化し評価するために、現実のデータに近い合成データを作成している。特に、共焦点レーザー顕微鏡のノイズがガンマ関数(形状母数 k 、尺度母数 θ)に従って分布することを考慮して、現実のデータ分布に合致するように k, θ の値を最適化している。現実のノイズ特性を考慮した合成データの作り方はとても厳密であり、プログラムの重ね合わせ精度が十分高いことが立証された(参照 Table 4.1-3)。プログラムの十分な精度を保証した後に、論文提出者は老化がどのようにオクタパミンおよびドーパミン作動性ニューロン領域の変化に影響を与えるかを調べており、本プログラムが現実にも役立つことを示している。

以上のように論文提出者は共焦点レーザー顕微鏡の限界を補うアルゴリズムを考案し精度の高いプログラムを提案しており、今後の脳画像解析に大きく貢献すると考えられる。なお、本論文は、指導教員である伊藤啓との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士(科学)の学位を授与できると認める。

以上1107字