

論文内容の要旨

博士論文題目 Bayesian Cell Force Estimation Considering Force Directions
(方向情報を考慮した細胞の力推定)

氏名 小沢 哲

(論文内容の要旨)

細胞運動の原理を解明するため、細胞が発生する物理的力の計測が近年盛んである。代表的な実験的手法として、細胞の培養基質の表面に埋め込まれた蛍光ビーズを用いるものがあり、細胞の力は蛍光ビーズの変位データから推定する。しかし、物理的な制限により推定すべき力点の候補数よりも蛍光ビーズの数を抑える必要があるため、変位からの力推定は計算困難な逆問題である。この問題を解くために、本研究では細胞の形態と力ベクトルの方向に関する事前分布を用いたベイズ推定により、力を推定する手法を提案する。本研究で提案した事前分布を用いたベイズ推定を行うことは解析的に困難なため、Variational-Bayes 法による近似を行った。また、ベクトルの方向に関するパラメータ推定にはEMアルゴリズムを利用した。本手法により、従来法より少ないビーズ数から力推定が行えることを示した。

氏名	小沢 哲
----	------

(論文審査結果の要旨)

細胞運動の原理を解明するには、細胞が発生する力を計測する必要がある。その代表的な手法は、培養基質に蛍光ビーズを埋め込み、その変異を計測する方法である。しかしビーズの変異は力を直接計測するものではないため、逆問題を解いて細胞の力を推定する必要がある。

本研究は上の問題に対し、細胞の形態と力ベクトルの方向に関する事前分布を導入し、そのベイズ推定を近似的に実現することを提案したものである。

本研究課題においては、まず画像上のビーズ重なりや、基質でのビーズの深度の違いなどが問題になる。本研究ではビーズの形状を利用することでこれらの問題を解決している。また、通常細胞の力はある1点方向を向いていることに着目し、それを具現化する事前分布を導入している。この事前分布はベイズ推定を明示的に行うことが困難なため、本研究では変分ベイズ法による近似計算を提案している。具体的には、EM アルゴリズムを利用した計算により、効率的な計算を実現している。

この提案手法の有効性は、人工データおよび実データによる計算機実験で確認している。

以上をまとめると、本論文はシステム生物学分野における細胞の力推定法を変分ベイズ法に基づいて提案し、その有効性を人工データおよび実データで確認した研究であり、博士(工学)の学位に値するものと認められる。