

氏 名	SIGIT ADINUGROHO		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	統合科学		
学位授与番号	博甲第	7 1 6 3	号
学位授与の日付	2 0 2 4 年 9 月 2 5 日		
学位授与の要件	ヘルスシステム統合科学研究科 ヘルスシステム統合科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Computer Vision-based Motion Segmentation and Its Application for Sperm Quality Estimation (コンピュータ・ビジョンによる動物体検出技術と精子品質推定への応用)		
論文審査委員	教授 横平 徳美	講師 相田 敏明	教授 五福 明夫
学位論文内容の要旨			
Visual motion capability in a computer-based approach consists of two basic stages: motion detection and interpretation of motion, mimicking the human ability to perform similar tasks. However, transforming those abilities into computer-understood forms is challenging. The computer-based approach requires specific methods to extract motion information and interpret it into meaningful information that depends heavily on the objective of the task. This study aims to perform motion extraction and estimation based on motion information. The first experiment is conducted to extract motion from video data using a motion segmentation method in a moving camera situation. The issue is addressed by implementing a normalization procedure to the optical flow before the motion segmentation process. Camera velocity is estimated from the optical flow of static objects to normalize optical flow, which is then input into a DeeplabV3 network to create a motion mask. The motion and semantic masks are combined in postprocessing to produce the final mask. Experiment results show that the normalization process improves motion segmentation. The next experiment, we aim to use motion information to estimate the quality of human sperm. This particular research aimed to jointly estimate motility and morphology through a single model. The model utilizes a series of optical flow images and a grayscale image to be processed through both motion and appearance streams. The outputs from each stream are merged and further analyzed by a regressor to approximate the morphology and motility variables of the sperm. The experiment result shows that the model was able to perform a joint estimation with satisfactory performance. The third experiment is designed to examine an alternative motion representation in human sperm assessment. Most works in sperm analysis use optical flow to acquire motion information. However, optical flow is not ideal because the motion is calculated from the entire image, which may contain debris and drift. Also, optical flow cannot represent static cells, which is vital to estimate immotile variables. Therefore, we developed a novel motion representation called MotionFlow and corresponding deep neural networks to perform the estimation. The proposed method demonstrated a higher performance level than state-of-the-art methods. In the last experiment, we intended to increase the efficiency of a video-based sperm quality assessment by introducing a single model to estimate multiple variables in the assessment. The model utilizes a series of motion information encoded in images and a grayscale image, which are then processed through motion and appearance streams. The outputs from these streams are combined and further analyzed by a regression model to predict parameters such as concentration, vitality, motility, and morphology. Although the results of this study demonstrate satisfactory performance in most variables, further research is necessary to enhance the accuracy of predicting challenging variables.			

論文審査結果の要旨

本研究は画像からの動きの情報の抽出および解釈に関する研究を提案している。動きのパターンは様々な物体の認識・理解について重要であり、ヘルスサイエンスにおいても人の動作の理解や細胞の観察による診断など幅広い応用用途がある。

2つの研究がなされており、第1は撮影するカメラが動く状況（自己運動）がある状況での動画像からの対象物体のセグメンテーション手法であり、第2は生殖医療で重要な精子の品質を動画像から推定する手法である。前者では、対象が動いている環境において、撮影するカメラ自身が動く状況を様々に想定し、入力シーンに対してオプティカルフロー(OF)を検出、同時にカメラ運動を想定した計算的に算出したOFを差分することで背景動作を除去、同時に2次元画像のセグメンテーションを使うことで追跡対象をロバストに検出する方法を提案している。第2のタスクでは、生殖医療で用いられる精子の質の特性（動き(motility, vitality)・密度(concentration)・形状(morphology)）を自動的に推定する手法を提案している。得られた動画像からOFの抽出及び細胞領域を抽出したフロー(MotionFlow)で追跡を行い、これらを組み合わせて深層学習に入力することで各パラメータを抽出する手法を提案した。オープンデータセットを用いて提案法を従来法と比較した結果、State-of-the-art よりも優れた結果を示した。

これらの結果から、本研究は医療分野、特に生殖医療に資するものであると考えられ、博士（統合科学）に値すると評価できる。