

OCM を用いた生体ビジュアルフィードバック

北海道大学 ○本田 匠 北海道大学 高氏 秀則 北海道大学 金子 俊一
要旨

ナノテクノロジーの発展に伴い、生体への高精度な計測や制御への要求が高まっている。中でも水中を自由にかつ高速に遊泳する微生物を追跡することは一般に難しい問題である。その問題に対応するためテンプレートマッチングを用い、微生物を追跡する手法を提案する。その有効性を本研究の実験結果により示す。

1 序論

近年のナノテクノロジーやバイオテクノロジーの発展に伴い、微小な対象物の計測や制御への要求が高まっている [1]。微生物のように対象物そのものが運動する場合、安定した観察は容易ではなく、これは生物学における課題となっていた。その問題へのアプローチとして、移動する微生物の高速トラッキングシステム [2] が挙げられる。これは視野から対象物が外れないように位置を制御し、特定の個体を自動制御により継続的に追従し、評価を行うものである。高いフレームレートで対象を撮像し、画像処理結果をフィードバックする技術は、ナノテクノロジーの分野に特に有効な手法であり、多方面への応用が研究されており、微生物や遊泳細胞の継続観察などには特に有効である。特に需要があるのが高速性である。粘性抵抗や慣性、摩擦は物理的な大きさに反比例することから、単純に物理的な大きさが小さくなるほど物理現象の影響が大きくなる。また、拡大率を上げると視野内の対象物の速度が大きくなる。即ち、対象が小さいほど倍率を上げる必要があるが、倍率が高くなると対象の速度が大きくなり、視覚外へ行く頻度が多くなる。その計測と制御には、必然的に高速な計測レート、制御レートが要求されるということになる。また、マイクロマニピュレーション [3] やマイクロセンシング [4] などでの操作を行うことを考えた場合、任意の位置に精密に移動させるシステムが求められる。そこで本研究では、位置決めを制御をするための一手法として、顕微鏡から得られた視野をビジュアルフィードバックする方法を提案する。ビジュアルフィードバックを用いた位置決めにおいて、画像処理による対象物の位置測定分解能は位置決めの最小分解能の下限となり、位置測定分解能よりも細かく位置決めすることはできない。このため、位置測定分解能は十分小さいことが望まれる。位置決めは対象物が常に視野中心に来るようにステージを移動させるものとし、イメージセンサ、対物レンズおよび XY ステージは共に平行に配置されているものとする。本研究では、イメージセンサ、レンズ、ステージが一体となった CNC 画像測定システム（ニコン社製：iNEXIV VMA-2520）をベース

に位置決めシステムを考える。対象物は XY ステージ上に置かれ、撮像された視野画像を画像処理することで対象物の位置を測定し、目標位置との差を XY ステージにフィードバック制御する。本研究では、微小な対象を任意の位置に位置決めすることのできるシステムの構築、その検証を行うことを目的とし、基本的な性能解析、提案手法の性能を確認したので報告する。

2 方向符号照合法 (OCM)

本研究では方向符号照合法 (Orientation Code Matching) [5] [6] を用いてテンプレートマッチングを行う。方向符号 (OC) とは、画素の明度値そのものではなく画素近傍における明度勾配が最大となる勾配符号を量子化した整数値である。この方向符号を用いた照合を方向符号照合と呼び、明度変化・ノイズ・変形に対して高いロバスト性を持つ。

3 生体トラッキング

本研究ではトラッキング対象に、微小な生物の一例としてミジンコ (*ceriodaphnia dubia*) を使用する。以降、対象物とはミジンコのことを指し、対象物を含むテンプレート画像を Reference (以下 Ref) とする。光軸方向の移動は微小とし、影響のないものとして XY 方向のトラッキングを行う。画像計測器が撮像した画像は、設定したフレームごとに画像処理用 PC に取り込み、ビジュアルフィードバックを行う。まず対象画像から OC 画像へ計算をする。得られた画像より Ref 画像とマッチングを行い、対象物の位置を検出する。検出位置から対象の絶対座標に変換し、同時に対象位置の画像中心からのズレをもとにステージの目標位置を計算する。速度指令をコントローラに送ることで、ステージを目標位置に制御する。これにより、対象を常に視野中心に保持をする。検出した対象物は次のフレームへの Ref へと更新され、次のフレームで同様の処理を行う。

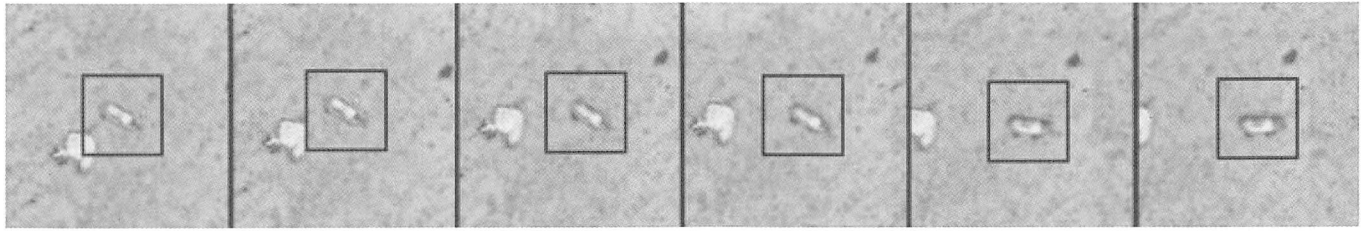


図 1: トラッキングの結果

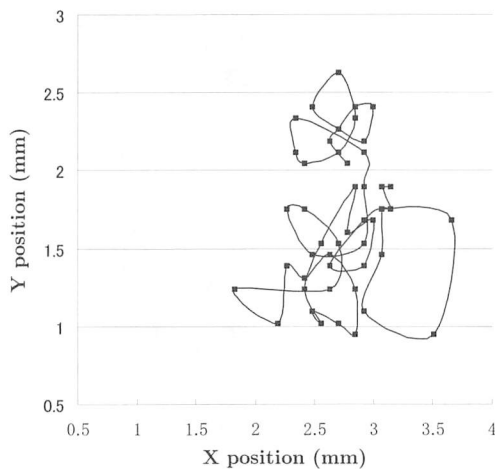


図 2: 対象物の軌跡

4 実験と結果

本研究のトラッキング性能を確認するため、前述したシステムで実験を行った。対象物はシャーレ ($\phi 90 \times 15 \text{mm}$) に入れ、蒸留水を用いた。図 1 は、視野内の画像から対象物をトラッキングした 0.4sec ごとの連続写真を示す。本システムが移動する対象物をほぼ中心に捕らえていることが分かる。また対象物の軌跡を構成したものを図 2 に示す。カメラ視野 ($4.7 \times 3.5 \text{mm}$) よりも広い領域を追跡できていることがわかる。これらの結果から、本システムが微生物の 2 次元運動計測及び、トラッキングに有用であることがわかった。

5 まとめ

提案手法のトラッキング性能を検証するため、ミジンコを用いた実験を行った。提案手法により画像計測器から得られた視野をビジュアルフィードバックすることで、微生物の 2 次元運動計測及び、トラッキングに有用である手法を提案し、位置制御が可能であるという結果を得

た。今回はミジンコを用いたが、ミジンコに限らず他の微生物であっても適用できる可能性がある。またその場合、各微生物の持つ遊泳特性、運動軌跡などから分類ができる可能性がある。また、高フレームレートに対応するための高速化や、マッチングミスによるトラッキング不能状態に対策をした手法を組み合わせる必要がある。

参考文献

- [1] 大塚二郎：“ナノテクノロジーと超精密位置決め技術”，工業調査会，2005.
- [2] N.Ogawa, H.Oku, K.Hashimoto, and M.Ishikawa：“Microrobotic visual control of motile cells using high-speed tracking system,” IEEE Trans. Robotics, vol.21, no.4, pp.704-712, 2005.
- [3] K. Takahashi, N. Ogawa, H. Oku and K. Hashimoto: “Organized Motion Control of a Lot of Microorganisms Using Visual Feedback,” Proc. 2006 IEEE Int. Conf. Robotics & Automation (ICRA 2006), pp.1408-1413, 2006.
- [4] A. Davies, N. Ogawa, H. Oku, K. Hashimoto and M. Ishikawa: “Visualization and estimation of contact stimuli using living microorganisms,” Proc. 2006 IEEE Int. Conf. Robotics & Biomimetics (ROBIO 2006), pp.445-450, 2006.
- [5] F. Ullah, S. Kaneko, and S. Igarashi: Orientation Code Matching for Robust Object Search, IEICE Trans. On Inf. & Sys, E48-D, 8, pp. 999-1006, 2001.
- [6] F. Ullah and S. Kaneko: Using orientation codes for rotation-invariant template matching, Pattern Recognition, 37, no. 2, pp. 201-209, 2004.
- [7] 大塚攻, 駒井智幸: 節足動物の多様性と系統, 裳華房, pp. 172-268, 2008.