

Title	Vision-Based 3D Microsensing for Automated Micromanipulation
Author(s)	Nguyen, Chanh-Nghiem
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59861">https://hdl.handle.net/11094/59861</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;大阪大学の博士論文について&lt;/a&gt;</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	グイエン チャン ニム NGUYEN CHANH-NHIEM
博士の専攻分野の名称	博 士（工学）
学 位 記 番 号	第 2 5 6 8 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学 位 論 文 名	Vision-Based 3D Microsensing for Automated Micromanipulation （画像情報に基づく微細作業自動化用 3 次元計測）
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 新井 健生 （副査） 教 授 佐藤 宏介 教 授 飯國 洋二

### 論 文 内 容 の 要 旨

**Abstract:** Vision-based 3D microsensing is a non-contact approach that is used to obtain spatial information of microobjects and end-effectors such as their size, 3D position, and motion, etc. These information are crucial for automated micromanipulation. However, most microbiological objects and some of the common end-effector, e.g., micropipettes, are transparent, which complicates 3D microsensing by machine vision. In addition, the time performance of vision-based microsensing has to be considered for motile microbiological objects to keep track of and further handle them automatically. Thus, the problems to be addressed in this thesis are 1) Accurate 3D microsensing of both transparent microobjects and transparent end-effectors, 2) High-speed 3D microsensing of end-effectors and immotile/motile microbiological objects. The solutions to these two problems are proposed based on the motility of the object.

In this thesis, the real-time vision-based microsensing of immotile transparent microobjects and end-effectors is achieved by using an All-In-Focus imaging system which is so called because it provides an image of the object as if “all” part of the object is “in-focus”. Two algorithms are proposed to obtain reliable 3D information of spherical transparent microobjects and elongated transparent end-effectors. An automated pick-and-place experiment of multisized immotile microobjects was performed and more than 70% success rate could be achieved.

For motile microobjects, high-speed vision-based 3D microsensing is carried out by utilizing the defocused features calculated at their border region in the frequency domain using Fast Fourier Transform. Using these features, tracking of motile microbiological objects could be achieved with 1kHz frame rate.

High-speed vision-based 3D microsensing is also achieved for a moving elongated transparent end-effector. From the focused position along the elongated direction of the end-effector in a defocused image, the 3D position of the end-effector's tip could be found when it was moving in high-speed in its workspace of 100 $\mu$ m in z-axis.

## 論文審査の結果の要旨

微細計測技術の進歩は様々な細胞特性の計測を可能にし、細胞生物学の発展に貢献するとともに様々なバイオリボットシステムの発展を促進し、ライフサイエンスの重要なツールとなっている。ライフサイエンスのさらなる発展に寄与するために、画像情報に基づく微細3次元計測技術の確立が切望されている。マイクロマニピュレーションが扱う微小対象は2つに分類され、一つは微生物学的な対象物体であり、もう一方はそれらを操作するためのエンドエフェクタを含むツールである。最近の研究では、画像情報を用いて動きのない微生物やエンドエフェクタの3次元位置を取得する手法が提案されているが、活発に動き回る微生物や、高速に移動するエンドエフェクタをリアルタイムで計測する技術は確立されておらず、ビジョンなどの非接触なツールに基づく微細3次元計測技術の手法が切望されている。本研究で提案する全焦点画像生成システムは、対象とする3次元空間内のすべての物体に焦点が合っている状態の画像を作製する技術であり、リアルタイムに微生物の観察を行う上で極めて優れた手法である。このシステムの特徴は全焦点画像から奥行き情報を得ることができる点である。ただし、システムに搭載されているピエゾアクチュエータに起因する振動を原因とするノイズ除去が大きな課題である。全焦点画像生成システムにおける奥行き情報の信頼性を向上するために、微小物体とエンドエフェクタそれぞれの3次元位置計測を高速に実現する手法の提案が本研究の骨子である。

微生物が高速に動き回る場合には高速な微細3次元計測が求められる。対象物の境界の小さな領域に離散フーリエ変換を適用すると、透明な微小物体の回折パターンから3次元位置を正確に計測することが可能となる。提案手法では、同様に単眼の画像システムにおいて3次元情報を獲得可能な全焦点画像生成システムに比べ、計算量が抑えられており、1kHzという高速な処理を実現できている。そのため、浮遊細胞や微小生物など、動き回る物体の追跡が可能である。また、本提案アルゴリズムは、透明なほかの様々な物体にも適応できる汎用性を有している。

次に、動き回る微小物体を操作するためのマイクロハンドに搭載された2本のマイクロフィンガーの3次元計測手法を提案している。提案手法では、細長いエンドエフェクタに焦点が合う位置からエンドエフェクタの先端の3次元位置を推定する点がポイントとなっている。マイクロピペットとマイクロフィンガーは同じような細長い形状をしているため、提案アルゴリズムは生物学実験や操作で多用されるマイクロピペットにも適用できる。

微生物学的な物体とエンドエフェクタの双方に対する微細3次元計測を実装し、高速マイクロマニピュレーションシステムとして構築することにより、10 $\mu$ mから100 $\mu$ mのサイズを有する動的対象物の実時間追跡や、高速把持ハンドリングなどの微細作業の自動化を合わせて実証している。

以上の通り、マイクロ環境における動的対象物や透明対象物の実時間3次元計測技術の新たな手法を提案し、これに基づき新たなマイクロマニピュレーションシステムの構築可能性を示し、マイクロロボティクスのバイオ分野への適用可能性も検証しており、マイクロロボティクスとそのバイオ応用の研究分野に大きく貢献をしている。ロボット工学における学術的かつ技術的貢献をもたらしており、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。