

画像認識による微小物体の位置検出システムの開発

Development of a Position Detection System for a Micro-Object with Image Recognition

○ 福瀧 僚浩*, 小林 義和**, 白井 健二**

○Tomohiro Fukutaki*, Yoshikazu Kobayashi **, Kenji Shirai **

*日本大学大学院, **日本大学

*Graduate School, Nihon University, **Nihon University

キーワード: 画像認識 (image recognition), 位置検出 (position detection), 画像照合 (template matching)

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地

日本大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 生産システム工学研究室 福瀧僚浩,

TEL: (024) 956-8824, Fax: (024) 956-8863, E-mail: fumi@ushiwaka.ce.nihon-u.ac.jp

1. 緒言

近年, 工学, 医療, 生物などの分野において物体の微小化が要求され, マイクロ, ナノメートル単位の物体に対する作業が行われつつある. 一方, 現状において, ハンドリング, 加工作業などの, 微小物体への接触作業はマイクロマニピュレータを人間が操作して行っているのが実状である. しかしながら, この作業は高度な技能が要求される他, 技能習熟における人的コストが大きく, 長時間の微細作業に伴う疲労過多による作業過誤な

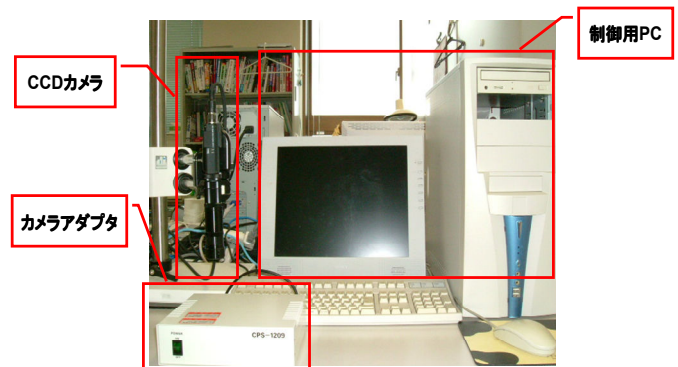


Fig.1 システム構成

どの問題が生じている。

これらの問題を解決するためには、マイクロマニピュレータの作業を自動制御し、高精度・高信頼性の作業を維持できるマイクロマニピュレーションシステムの開発が必要である。ただし、どのような作業においても、まず微小物体の位置を正確に検出できることが前提となる。

そこで本研究においては、マイクロマニピュレーションシステムの自動制御を可能にするための第一段階として、微小物体の移動、変形などに対応し、その位置を正確に検出するシステムを開発した。

2. システム構成

Fig.1 にシステム構成を示す。本システムにおいて、CCD カメラには倍率 30 倍のレンズを、制御用 PC の PCI バスには画像キャプチャボードをそれぞれ装着し、両者はカメラアダプタを介して接続されている。これにより微小物体の画像を取得する。そして制御用 PC 内の、位置検出用プログラムにより、取り込んだ画像から微小物体の位置を算出する。

3. 位置特定のための画像認識法

3. 1 正規化相互相関画像照合

本システムにおいては、位置検出を行う対象の性質に合わせ、2種類の画像認識手法を用いている。その1つが正規化相互相関画像照合である。これは Fig.2 に示すように、テンプレートという予め用意した画像と、これを処理対象画像上で走査して重なった領域、すなわち、比較領域との相関を調べる手法である。両画像を2値化して得られる画像の、各画素の濃淡値から求めた正規化相互相関係数を相関の判定に利用する。正規化相互相関係数 R_{NCC} の計算式を (1) 式に示す。

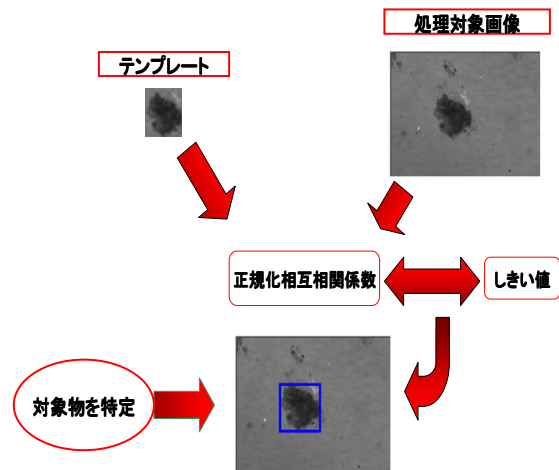


Fig.2 正規化相互相関画像照合

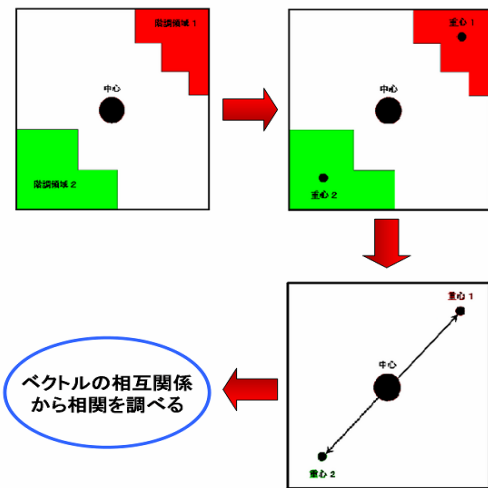


Fig.3 階調重心ベクトル相関画像照合

$$R_{NCC} = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (P(i, j)T(i, j))}{\sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} P(i, j)^2 \times \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} T(i, j)^2}} \quad (1)$$

ここで P : 処理対象画像の特定画素の濃淡値, T : テンプレートの特定画素の濃淡値, M , N : 画素配列の要素番号を示す。

この R_{NCC} が、別に用意したしきい値よりも大きい場合、比較領域内に物体が存在していると判定する。比較領域内の物体の形状、角度がテンプレートと同一の場合には、極めて信頼性の高い結果を得ることが可能である。

3. 2 階調重心ベクトル相関画像照合

画像認識手法の2つめは階調重心ベクトル相関画像照合である。アルゴリズムをFig.3に示す。まず各階調値をもとにテンプレートを細分化し、同一階調値でラベリングする。そして、ラベリングした各領域の重心を求め、テンプレートの中心からそれぞれの重心のベクトルを求める。最後に、各ベクトル同士の方向関係を求め、処理対象画像上からその関係と最も相関のある領域を、物体の存在する領域とする。ベクトル関係は回転や明度など不変であり、正規化相互相関を用いる場合よりも回転に強いという特徴がある。

比較領域の変更は、どちらの手法でもテンプレートを処理対象上で走査して行う。走査手順は、まずテンプレートを処理対象画像の左上端から水平方向に1ピクセルずつ移動させ、右端まで行くと左端に戻り、垂直方向に1ピクセルずつ移動させる。処理対象画像の右下端に達するまで、このような動作を繰り返す。水平、垂直方向いずれも、1ピクセル移動させるごとに画像照合を行うため、結果として処理対象画像全体から物体の位置を特定することが可能である。

4. 位置検出用ユーザインタフェース

4. 1 ユーザインタフェースの構成

位置検出に用いるユーザインタフェースをFig.4に示す。ここでは6つの部分に分類している。①にはCCDカメラで撮影している物体の動画像を表示する。②には①から得た1枚の静止画を表示する。これは画像照合における処理対象画像である。③にはテンプレートとなる画像を表示する。テンプレートはデータベースで蓄積されており、ユーザインタフェース上で、取り込んで使用する。④には特定した物体の位置を示す色枠を付加した②の2値化画像を表示する。⑤は位置検出

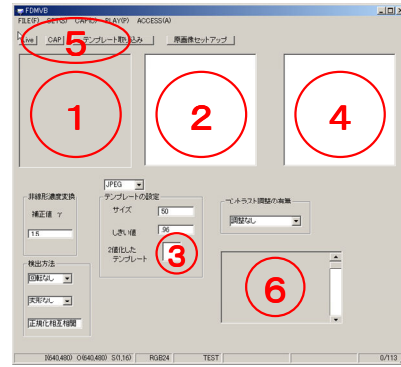
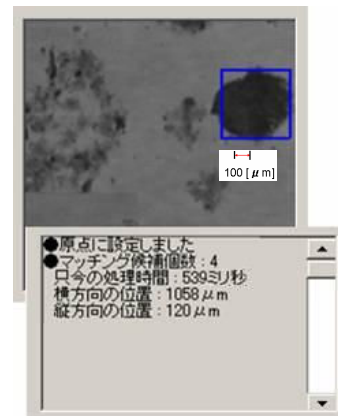


Fig.4 位置検出用ユーザインタフェース



(a) 初回処理



(b) 2回目の処理

Fig.5 位置検出結果

の開始ボタンなどの操作部分である。そして⑥には位置検出後の処理結果を表示する。

本ユーザインタフェースを用いた位置検出はシステムユーザが設定した回数だけ自動的に、連続して行えるため、ある程度物体の移動に追従できる。

4. 2 画像認識法の切り替え

前述の通り、本システムでは位置検出を行う対象の性質に合わせて2つの画像認識手法を使用している。これには、データベース内で各テンプレートについて、どちらの手法を用いるかの情報を持っており、テンプレートをユーザインタフェース上に取り込む際に、その情報を参照して適用する手法を設定している。しかしながら、現在はこの情報を手動で設定しているため、今後は位置検出の成否の回数、検出の際の環境条件などを考慮した、より統計的な判断方法をシステムに適用する。それにより、システムの自律的な判断・選択の挙動を実現する。

5. 検出位置の数値化

マイクロコンピュータが物体の位置を認識するためには、 μm などの具体的な単位を持つ数値を得る必要がある。

そこで、本プログラムの仕様から1ピクセルが0.264mmであることと、カメラレンズの倍率が30倍であることを考慮し、検出位置を μm 単位の数値で表示させるようにした。 μm サイズの藻を対象として位置検出を行った結果をFig.5に示す。(a)は連続処理の1回目、(b)は2回目の処理結果である。最初に検出した物体の位置は原点に設定する。すなわち、以降の処理では原点に対する相対位置を検出位置としている。次に物体が横方向に約 $1000\mu\text{m}$ 、縦方向に約 $120\mu\text{m}$ 移動し、この時に2回目の処理を行った。両図から実際の物体の移動量と、数値化された検出位置はほぼ一致していることがわかる。ここで整合性を検証するために、環境条件は変えず、物体の移動量を変えながら連続処理を行い、縦方向について実際の移動量と検出位置を記録した。100回行った結果をFig.6にグラフとして示す。グラフから実際の物体の移動

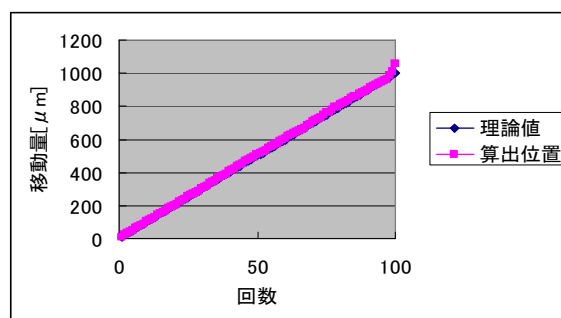


Fig.6 実際の移動量と検出位置の関係

量が $1000\mu\text{m}$ 、検出位置が $1058\mu\text{m}$ のとき誤差が最大であり、その値は6%であった。この結果から、全体としての誤差は6%以下であり、移動量が小さいほど位置は正確に検出できることがわかった。

6. 結言

6. 1 結論

画像認識による微小物体の位置検出システムの開発を行い、以下の結論を得た。

- (1) 作成した位置検出用ユーザインタフェースにより μm の藻に対する位置検出が可能であることを確認した。
- (2) 検出位置を μm 単位の数値で表すことが可能となり、誤差6%以下で検出位置の正確性が証明された。

6. 2 今後の課題

- (1) 新規に位置検出を行う対象物に対して、最適な画像認識法を自動的に選択する機能を追加する。
- (2) 3次元的位置検出のためのシステム構成を検討する。

参考文献

- 1) 田村秀行：コンピュータ画像処理，オーム社（1997），252-254.
- 2) 日本産業用ロボット工業会：産業用ロボットの応用，日刊工業新聞社（1979），1-4.