能動的視覚フィードバック制御の研究

石川 友彦*

1.　はじめに

環境に対して適応した行動をロボットがとるためには，外部からの情報を得るために人間が持っような感覚機能，つまり視覚や触覚・聴覚などのセンサが必要となる。その中でも視覚的な情報は，非接触により大量に情報を得ることができるため，環境に適応した行動をロボットがとるためには必要不可欠な要素の一つである。

視覚情報を利用して腕（ハンド）を用いた作業を行う場合，物体の位置を計測したり，腕をある位置に移動したりつかんだり離したりという動作を必要とする。このような作業を行う場合，すべて(動作が精度良く行われていれば問題はないが，実際には視覚系における映像歪みや量子化誤差，制仰系における位置決め誤差等，影響を受ける要素が数多く存在する。これら誤差を補償するためには，視覚システムにより制御結果を見て目標値との偏差を求め，その偏差を打ち消すように腕を動かして補正するという「視覚フィードバック制御」を行えばよい。

視覚フィードバック制御を行う場合，視覚システムにおける計測精度というものが具体的な作業を行う上で大きなポイントとなる。そこで，計測上の誤差を最小限に抑えるために視覚システムに対する物体の姿勢や計測を
行うポイント等を考慮し，計測着目点を能動的に変えて作業を行う「能動的視覚フィードバック制御」を試みた。

今回は，能動的視覚フィードバック制御の例として，正方形の「マス（箱）」の中に正四角柱の「つみき」を入れる作業を取り上げた。この作業を行う上では，　2つの物体の位置と姿勢を正確に一致させることを必要とする。この作業例を図1に示す。

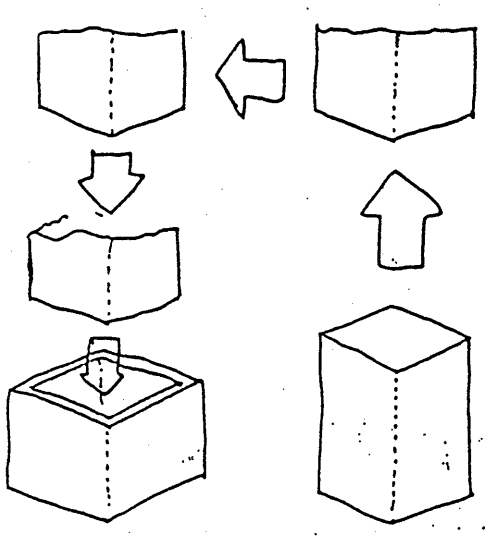

図1　作　業　例

* 新技術応用部

2．　実験システム

今回実験に用いたシステムの構成を図2に示す。

CCDcameraより取り込まれた画像情報は，画像処理専用装置（TOSPIX－i）に取り込まれ前処理が行われる。その結果が上位のワークステーションic0（SUN3／260）に送り込まれる。実際に作業を行う腕としてPUMA260を用い，専用Contt. o1lerを介してic0に接続されている。

基本的には、このループで制御を行うことができるが，モデルの構築や照合等を行うため，操作者（operator）は，ネットワーク（ethernet）を介した別のプログラミングサイト（SUN4／280）にてプログラム開発を行っている。

プログラミング言語として最上位にEUSLispを用いて，全体の認識・制御等の処理手順を記述している。

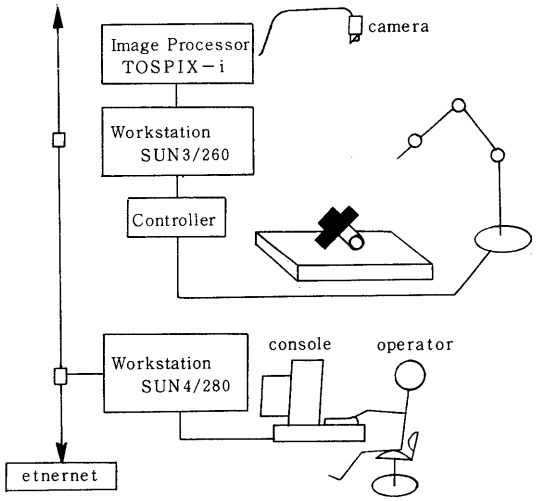

図2　システム構成

3．処理手順

実験における処理手順を図3に沿って説明する。

① 腕（PUMA260）を視覚系の視野外の待機位置に移動する。

② 視野内にある物体を見て，つみきとマスの判別を行い置かれている位置と方向を計測する。

③ つみきの位置と姿勢に基づいてハンドリング指示の位置と姿勢を決定する。

④ マスの位置と姿勢に基づいてつみきを運んで行く位置と姿勢を決定する。

⑤ ハンドリング位置に腕を移動しつみきをつかみ，それを④において決定した目標位置まで運ぶ。

⑥ すべての処理が正確に行われていれば問題はないが，現在値と目標値とが一致しているとは限らない。また，つみきの位置・姿勢によっては視覚系による計測精度に問題が生じる場合があるため．どこに注目して計測を行うかという注目点を決める。

⑦ 運ばれてきたつみきの位置．姿勢の再計測を行い，目標値からの偏差を求める。

⑧ 偏差がある一定値以上あれば打ち消すように腕を動かし，つみきの位置と姿勢の修正を行い⑥のステップに戻る。

⑨ 偏差がある一定値以下であればつみきとマスの相対距離を計算する。ある一定値以上あれば，少し近づけ⑥の作業を再び行う。

⑩ 相対距離がある一定値以下（視覚的計測が不可能な状態）であり，位置・姿勢が挿入可能な状

態であるならば，つみきをマスの中へ挿入する動作を実行する。

⑪　挿入後，腕を待機位置へ移動させ一連の作業が終了する。

実際には位置決め誤差や視覚系における計測誤差等の影響を受けるので，⑥～⑨におけるフィードバックループを数回繰り返しながら作業を進めることになる。

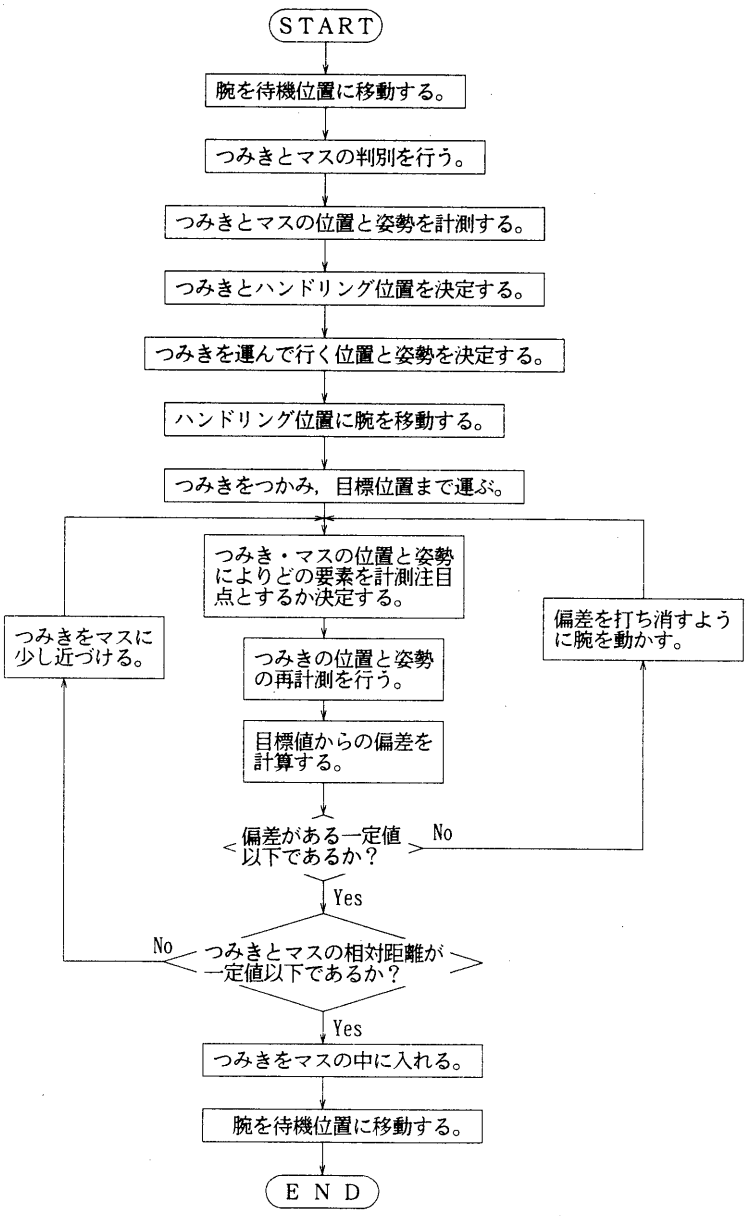

図3　処理手順

4．　おわりに

作業対象物と視覚システムとの相対的位置関係により計測着目点を能動的に変えることにより，計測精度を向上させることができ作業の信頼性を高めることができた。単純繰り返し作業（例えば工場内における基板への実装）のような場合，視覚フィードバックをかけずに作業を行っているが，認識を伴うような知的な作業を行おうとした場合には作業自体の正確さを評価しながら動作を行うということが必要となり視覚フィードバック制御を行う必要が生じる。つまり作業を行う上でどの時点においてどのような部分に着目して計測を行えばよいのかという問題が大きなウェイトを占めることになる。今回はそれら問題点も整理することができ，　より複雑な作業への応用を図る基礎ができた。

今後は視覚フィードバック制御における能動性を更に高めていく予定である。

最後にご指導と数ケのご助言をいただいた工業技術院電子技術総合研究所自律システム研究室佐藤室長・坂根主任研究宮をはじめとするETLロボットグループの皆様に感謝いたします。

参考文献

1）　T. MTSUI ：　“ An Object Oriented Robot Programming System EUSLISP ”，　ETL

2）　白井，井上：　“ビジュアル・フィードバックを利用したロボットの組み合わせ作業”，電子技術総合研究所彙報　第35巻第3号 PP. 133－139