

ロボット搭載用ビジョンモジュールを用いた平面運動物体ハンドリング

vision module on robot and its application to the handling of planar motion objects

増淵 章洋 (立命館大学) 平井 慎一 (立命館大学)

*Akihiro MASUBUCHI, Ritsumeikan University, Noji-higashi1-1-1, Kusatsu, Shiga
Shin-ichi HIRAI, Ritsumeikan University

Abstract : In this paper, we will propose a miniaturized real-time vision module and will develop a robot system that handles planar motion objects. First, we will introduce one-sided Radon transform to detect the position and the orientation of a planar motion object. Second, we will propose an architecture of the vision module, which consists of a video decode LSI, a vision processing LSI and an ARCNET LSI. Finally, we will develop an experimental robot system to verify the performance of our vision algorithm.

Key Words : robot vision, vision module, planar motion, object handling

1. はじめに

ビジョンシステムとロボットシステムとの連携は、以前から多くの優れた研究がなされており、近年のCCDカメラ・コンピュータの高性能化・低価格化などと相俟って、実用化が進んでいる。

現在実用化されているビジョンシステムの特徴を考えてみる。トラッキングビジョンに代表されるような、ハードウェア化した相関演算を動作原理としたビジョンシステムは、動作が高速であるという特長を持つが、一方で基本的に認識できる動きが並進だけで回転を認識できないという欠点を持つ。PCベースのソフトウェアビジョンシステムは、並進や回転、特徴量抽出などの多くの機能を備えるという特徴があるが、ハードウェアを使用しているシステムに比べて処理速度で劣る。

また、高機能なビジョンシステムは、ロボットの動作に深く関わってくる用途で用いられる事が多く、この場合はロボットシステムと融合してしまっている場合が多い。

そこで、本研究ではこれらの長所を同時に実現するために、平面運動物体のハンドリングに必要な十分な機能を持つ新しい画像認識アルゴリズムを使用した、ロボット搭載用高速・高機能ビジョンモジュールの開発を行い、それを用いて平面運動物体のハンドリングを行う。

2. ビジョンモジュール

本研究で開発を行うビジョンモジュールは、画像入力装置、画像処理装置、通信インターフェイスを搭載しているという特徴があるモジュールである。これらの機能を全て自前で持つ事により、ロボットシステム本体と独立して動作する事が可能になり、ビジョンシステムの導入が容易になる、システム全体の複雑化を避けられるといった利点があると考えられる[1]。また、本研究ではモジュールの扱いやすさを考慮し、モジュールのサイズを小型にする事も目的とする。

2.1. 片側ラドン変換

開発するビジョンモジュールでは、ロボットの可動部に搭載して使う事を想定しているため、対象物体の回転等をリアルタイムに認識する必要がある。この機能を実現するために、現在よく使われているテンプレートマッチングに変わり、新しい画像処理アルゴリズムとして片側ラドン変換を使用する。片側ラドン変換はラドン変換[2]の積分路を改良した変換であり、物体認

識に向いている、計算時間が短いといった特徴を持つ[3]。また、アルゴリズム自体はシンプルであり、並列化が可能なので、ハードウェア化に適しているという特徴も持つ。

2.2. モジュールの構成

開発するビジョンモジュールの構成をFig. 1に示す。

片側ラドン変換は、テンプレートマッチングと比べると比較的複雑な演算が必要である。この演算をリアルタイムで行い、さらにビジョンモジュールの小型化を実現するために、FPGAを使用して片側ラドン変換LSIを開発する。モジュール外部と情報をやり取りするLANインターフェイスには、産業用リアルタイムLANであるARCNETを使用する。

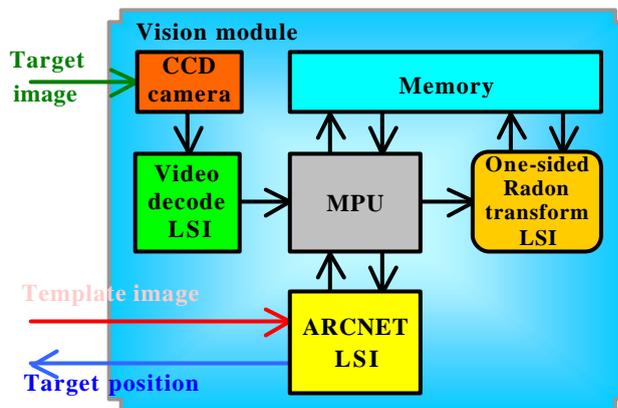


Fig. 1: Vision module

3. 実験用ロボットシステム

ビジョンモジュール設計の参考にするために、PC上にビジョンモジュール相当の機能を実装した。このシステムは、CCDカメラと、ビデオキャプチャボードとARCNETインターフェイスボードを装着したPCで構成されている。ビジョンモジュールのシステム制御用マイコンと片側ラドン変換LSIの動作は、ソフトウェアでエミュレーションしている。

3.1. システムの構成

製作した実験用ロボットシステムの構成をFig. 2に、情報の流れをFig. 3に示す。

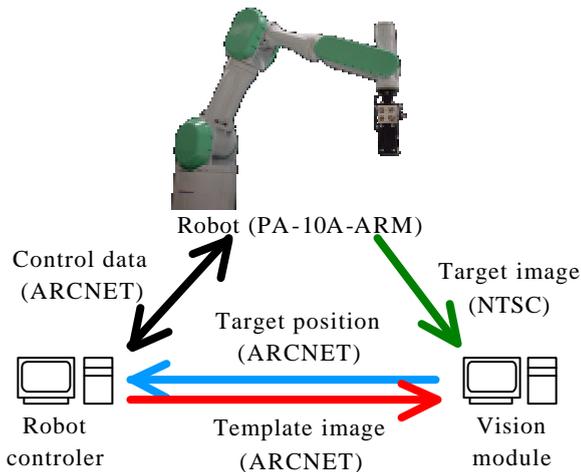


Fig. 2: Test system

使用しているロボットは、可搬式汎用知能アームPA-10A-ARM(三菱重工製)である。ビジョンモジュールとしてのCCDカメラは、ロボットハンドに内蔵されている。ロボットハンドにCCDカメラを内蔵しているのは、ハンドリング時に対象物体を近くから撮像する事により、計測精度を上げるためである。

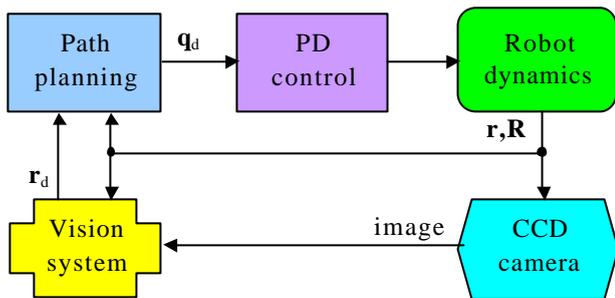


Fig. 3: Data flow

このシステムでの情報の流れを示す。まず初期化時に、ロボットコントローラからテンプレート画像がビジョンモジュールに送られる。以後、ビジョンモジュールが認識結果をロボットコントローラに送り続け、ロボットコントローラはその情報を受ける度に軌道を生成し直し、軌道制御する[4]。

3.2. ソフトウェアエミュレーション

製作予定の片側ラドン変換LSIと今回のソフトウェアでのエミュレーションには一つ大きな違いがある。ソフトウェアエミュレーションでは、PCの処理速度の都合から $\omega = 0$ の場合のみを計算している。対象物体が剛体であれば $\omega = 0$ で十分機能を果たすことができる。

ソフトウェアエミュレーションに使用したPCは、PC/AT互換機(Pentium II 400MHz, RAM 384MB, Windows 98SE)である。ビデオキャプチャボードはGV-VCP2/PCI(I-O DATA製)で、キャプチャサイズは320×240×8bpp、画像処理のサイズも同じである。製作したソフトウェアの外観をFig. 4に示す。

ロボットコントローラ側のソフトウェアとの連携が技術的に現在うまく行っていないため、ARCNETによるロボットコントローラとの通信は行っていない。また、正常に対象物体を認識できる事は確認したが、位置・姿勢の計測精度についてはまだ計測していない。

製作したソフトウェアの処理時間(ARCNET通信は除く)をFig. 5に示す。横軸はフレーム数で、縦軸は時間[msec]である。

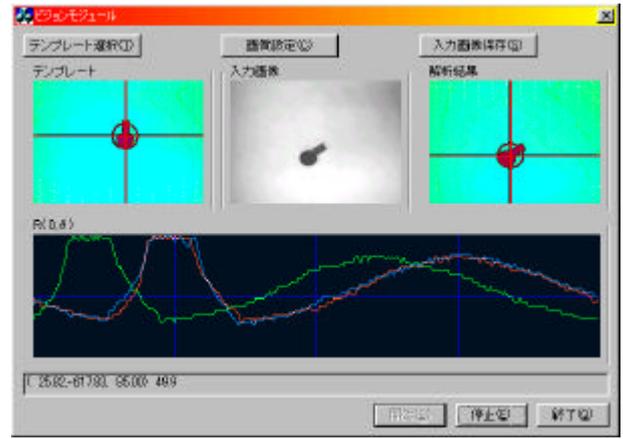


Fig. 4: Emulation software

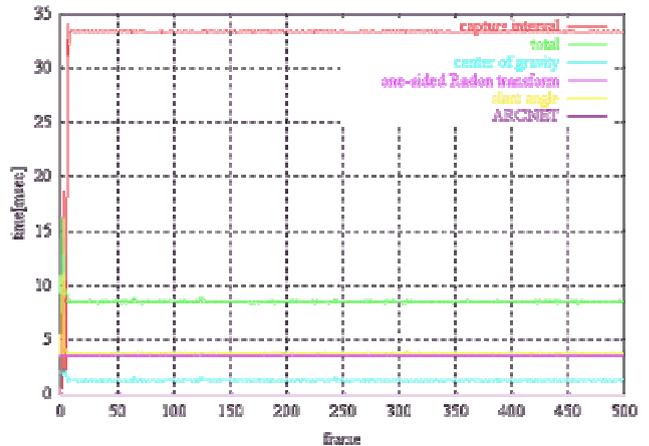


Fig. 5: Processing time

グラフより、各フレームの処理時間は約9msec以下と、NTSCビデオレート(約33msec)以内に収まっている事が判る。また、キャプチャレートも十分安定していると考えられる。

4. おわりに

これまでに、PC上に実装されたソフトウェアによって、片側ラドン変換を使用して対象物体の位置・姿勢をリアルタイムに認識する事が可能である事は示されていた。今後は、ロボットコントローラとの連携の完成、計測精度の確認を行い、動作実験、実際のビジョンモジュールの設計・製作を進める。そして、製作したロボットシステムを使用して平面運動物体のハンドリングを行う

参考文献

- [1] 増淵・平井: ロボット搭載用高速高性能ビジョンモジュールの研究; 第18回日本ロボット学会学術講演会予稿集, Vol.2, pp.649-650, (2000)
- [2] 田村 進一: FAのための画像処理技術, 工学研究社, 1988
- [3] 坪井・平井: 片側ラドン変換を用いたビデオフレームレートでの物体認識と平面運動計測; 第18回日本ロボット学会学術講演会予稿集, Vol.2, pp.645-646, (2000)
- [4] 夏目・平井: ビジョンベース制御による平面運動物体ハンドリング; 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会講演論文集, pp.69-70, (2000)