

視覚ベースハンドリングのための速度追従法によるリアルタイム軌道計画

柴田瑞穂, 平井慎一

立命館大学 ロボティクス学科

Real-Time Trajectory Planning by Velocity Following Approach for Vision-based Handling

*Shibata Mizuho and Shinichi Hirai: Ritsumeikan University

Abstract—In this paper, we will propose a system that handles moving objects using visual information. In some industries, handling of moving objects flowing on a belt conveyor without shock in real-time is needed. Here, we will develop the velocity following approach for real-time trajectory planning in vision-based handling, and will simulate this approach with a 2DOF manipulator.

Key Words: trajectory planning, vision, real-time control, handling, velocity following approach

1. はじめに

現在, ベルトコンベア上の物体など運動する物体をハンドリングする場合, ベルトコンベアの流れにあわせてティーチングを行い, マニピュレータを制御する方法が主流である. この方式では物体の速度を変化させたい場合にはティーチングしなおさなければならず, また, 斜面を転がる柔軟物など速度が一定ではない運動物体を掴むことは困難である. 従来より, 視覚情報を用い物体をハンドリングする方法が研究されている [1, 2]. しかしながら, 視覚情報により運動軌道をリアルタイムで計画する手法は確立されていない. そこで本報告では, リアルタイムに取り込んだ視覚情報を用いてマニピュレータの軌道を計画, 角速度軌道を生成し, 定められた作業時間内に確実に安全に移動物体を把持する手法を提案する.

2. 速度追従法によるハンドリングの流れ

本節では, 今回の報告で提案する速度追従法のアルゴリズムについて述べる. 本システムでは, まずマニピュレータが一連のハンドリングに要する作業時間を設定する. 作業時間を設定することにより, CCD カメラから得た移動物体の位置と速度から, 作業時間の終わりに移動物体が有する位置と速度を計算できる. ビデオフレームレート (33[msec]) ごとに CCD カメラから, 現在の移動物体の位置 $P_{obj}(t)$, 速度 $V_{obj}(t)$ を取得する. 次に従って作業時間 T [msec] 後の移動物体の位置ベクトル $P_{obj}(T)$, 速度ベクトル $V_{obj}(T)$ を計算する.

$$P_{obj}(T) = P_{obj}(t) + V_{obj}(t) \cdot (T - t) \quad (1)$$

$$V_{obj}(T) = V_{obj}(t) \quad (2)$$

ここで, $V_{obj}(T)$ はカメラで取得した速度と同じであ

るであると仮定し, T [msec] 後の間に $V_{hand}(T)$ が移動物体の速度に追従するように制御する.

次に, 計算された $P_{obj}(T)$ から手先位置ベクトル $P_{hand}(T)$ を, マニピュレータの T [msec] 後の角速度ベクトル (T) をマニピュレータのヤコビ行列から, 目標の角度ベクトルを逆運動学により算出する. ここで (T) と (T) より, マニピュレータが実際に運動すべき角速度軌道を計画する.

Fig.1 にこのアルゴリズムを示す. ハンドはこのアルゴリズムによって計画される角速度軌道に従って制御される.

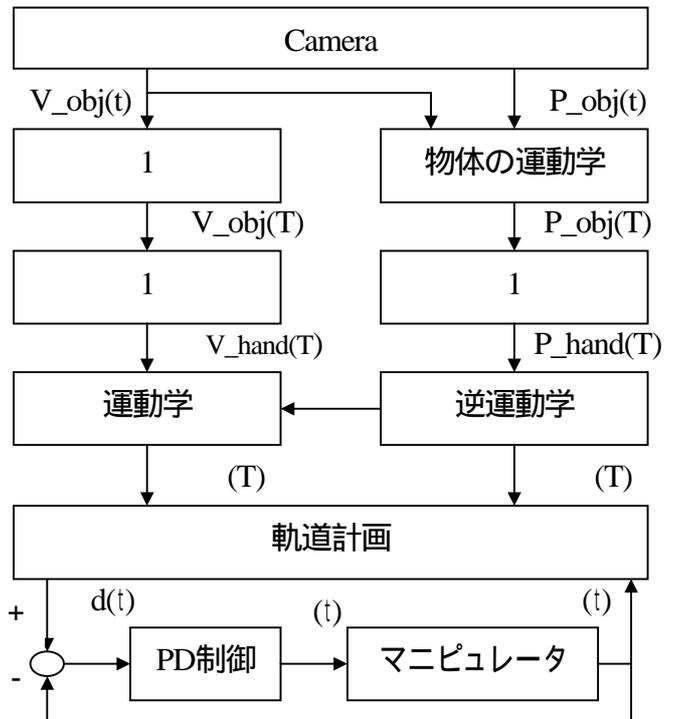


Fig.1 Overview of velocity following approach

3. 角速度軌道計画

本節では, 前節で説明した角速軌道計画について, 述べる. ここで, t [msec] 時に新たな画像情報を取得し,

その結果 T [msec]後の角速度と移動角度が増加した場合の角速度の図を Fig.2 に示す .

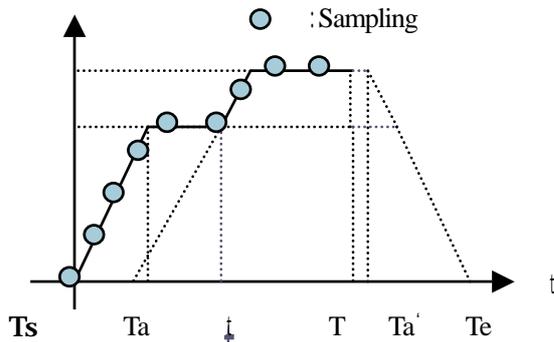


Fig.2 Increasing angular velocity

今回の角速度計画では等脚台形を用いることにした .ここで , 等脚台形を時間空間的に生成するためには , 台形の高さ (= T) , 台形の傾き (= T/Ta) , 台形の始点 (= Ts) , 台形の終点 (= $Te - T$) の 4 個のパラメータを決定すればよい .画像情報より新たに T , Ta が算出され , 台形の高さは T とおくことができる . $Te - T$ より , 作業時間 T の間では Te を変える必要はなく , $Te = \text{const}$ とおける .ここで , 簡単のために台形の傾きを一定とすると , 残り作業時間 $T-t$ [msec]で移動する角度の移動量 (= 台形の面積) $(T-t)$ と底辺の長さの関係より , Ts が計算され , 新たに求めた 4 個のパラメータから , 残り作業時間 $T-t$ [msec]で動かす角速度台形を新たに生成する .この角速度台形の更新を画像情報が獲得されるたびに , リアルタイムに角速度台形を更新する .

4. シミュレーション

本研究で提案した速度追従法に基づき , 2 自由度鉛直マニピュレータのダイナミクスを用いて , シミュレーションを行う .

ここで , リンク 1 , リンク 2 の長さを $L1=L2=0.5$ [m]と置き , 質量を $M1=M2=1.0$ [kg]とする .また , X 軸とリンク 1 のなす角を θ_1 , リンク 1 とリンク 2 のなす角を θ_2 とし , 初期位置として $\theta_1=45$ [deg] , $\theta_2=-45$ [deg]を与える .

今回のシミュレーションでは , 上記の初期位置から θ_1 を 0.30 [rad] , θ_2 を 0.15 [rad]動かす , 静止している物体を 2.0 [s]の作業時間で把持する途中 , 1.0 [s]の時から物体が移動し , θ_1 を初期位置から 0.36 [rad] , θ_2 を 0.18 [rad]動かしたところへ移動 , 静止した場合を想定した . 今回のシミュレーションでは , 制御則とし

て PD 制御を用いた . Fig.3 に 1 軸の角速度変化の様子を , Fig.4 に 2 軸の角速度変化の様子を示す .また , 最終的な目標位置とリンクの手先との差と , 最終的な目標角速度とリンクの角速度の差を Table.1 に示す .

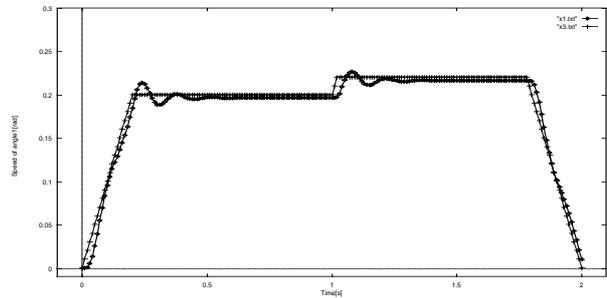


Fig.3 Angular velocity of joint 1

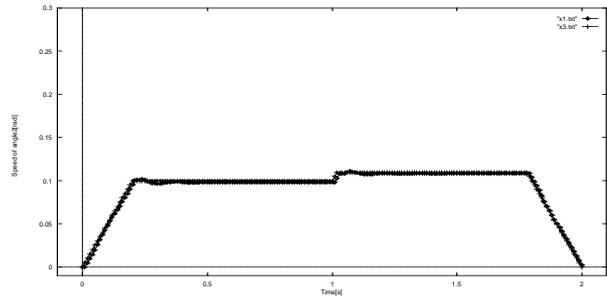


Fig.4 Angular velocity of joint 2

Table.1 Result of Simulation

	差
手先位置 X[m]	-0.030
手先位置 Y[m]	-0.0062
手先角速度 X[rad/sec]	-0.00088
手先角速度 Y[rad/sec]	-0.0030

5. おわりに

本報告では , 視覚情報をリアルタイムに取り込み , その視覚情報を用いてマニピュレータの角速度を変化させ , 制御を行うことを提案した .また , 2 自由度鉛直マニピュレータを用いてシミュレーションを行ったことにより , この方式が有用であることを示した . 今後は , 3 自由度スカラアームでのシミュレーションを行い , 実際に実機に実装させることを目標にする .

参考文献

- 1) 橋本 : “ ビジュアル・サーボイング ” 計測と制御 , 35-4 , pp.282-285 , 1994
- 2) 夏目 , 平井 : “ ビジョンベース制御による平面物体ハンドリング ” , SICE SI2000 公演論文集 pp. 69-70 , 2000